

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

_____ Я. М. Корнієнко
(підпис)

“ ” _____ 20__ р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на здобуття ступеня бакалавра

за напрямом підготовки: 13 – Машинобудування

спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

на тему: Модернізація абсорбера дільниці очистки синтез-газу. Комплексний

Виконав студент IV курсу, групи ЛН-51

Італьянцев Олег Ігорович

Керівник проекту ст. викл, канд. техн. наук, Я. Г. Двойнос
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:
з охорони праці доцент, канд. техн. наук, І. М. Ковтун
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

з економіки асистент, канд. техн. наук, С. С. Гайдай
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент:
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____ О. І. Італьянцев

Київ – 2019

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь: бакалавр

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я. М. Корнієнко

“__” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Італьянцеву Олегу Ігоровичу

1. Тема проекту: Модернізація абсорбера дільниці очистки синтез-газу. Комплексний Керівник проекту старший викладач, к.т.н. Двойнос Я. Г.

Затверджена наказом по університету від “__” _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проекту: 1 червня 2019р.

3. Вихідні дані до проекту: Продуктивність по спирту 3150 кг/год; температура синтез-газу – мінус 10°C, тиск 5 МПа, концентрація сірководню у вхідній газовій суміші 0,7% по вазі, на виході з абсорбера – $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{м}^3$, концентрація сірководню у метанолі на вході $3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{м}^3$, на виході 2,15% по вазі.

4. Зміст пояснювальної записки: а) основна частина: розглянути існуючі конструкції абсорберів, обґрунтувати вибір конструкції апарата; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити

розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апарату; виконати складальне креслення абсорбера та його основних складальних одиниць і деталей; розробити рекомендації щодо монтажу та експлуатації абсорбера; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки;

б) охорона праці: провести аналіз відповідності апарата до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації апарата;

в) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації абсорбера;

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо): ілюстрація до технічної ідеї патенту – А3, технологічна схема виробництва – А1, кінчна обичайка – А3, складальні креслення: абсорбер – А1, царга – А1, циклон – А2, кришка верхня – А3.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І. М.		
Економіка	Гайдай С. С.		

6. Дата видачі завдання: 15 квітня 2019 р.

Студент

_____ О. І. Італьянцев
(підпис)

Керівник дипломного проекту

_____ Я. Г. Двойнос
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Терміни виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту.	18.09.18	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів).	01.11.18	
3	Оформлення та подання заявки на корисну модель	16.11.18	
4	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції абсорбера. Технічна характеристика установки, апарату. Добір матеріалів.	12.12.18	
5	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарату. Розрахунок гідравлічного опору абсорбера	13.03.19	
6	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарату	20.03.19	
7	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	15.04.19	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	5.04.19	
9	Обґрунтування економічної доцільності модернізації	3.05.19	

1	2	3	4
10	Розробка вимог до апарата з питань охорони праці	19.05.19	
11	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	25.05.19	
12	Попередній захист проекту	01.05.19	
13	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	05.06.19	

Студент _____ О. І. Італьянцев
(підпис)

Керівник дипломного проекту _____ Я. Г. Двойнос
(підпис)

Реферат

УДК 065.143.

Модернізація абсорбера дільниці очистки синтез-газу. Комплексний: Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Керівник Я. Г. Двойнос. – К., 2019. – 131 с.: іл. Викон – О.І. Італьянцев – Бібліограф.: 131 с.

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань із 45 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 131 с. основного тексту, 27 рисунків, 6 таблиць і 4 додатків.

Метою проекту є проектування і модернізація конструкції насадкового абсорбера призначеного для очистки синтез-газу продуктивністю 0,875 кг/с.

Поставлена задача досягається шляхом розрахунку матеріального балансу абсорбера, розрахунку поверхні контакту абсорбера, розрахунку геометричних розмірів циклону, розрахунку висоти абсорбера, розрахунку гідравлічного опору абсорбера та розрахунків на міцність основних вузлів та деталей конструкції. Для розрахунку товщини теплоізоляційного шару наведена алгоритмічна схема, таблиця ідентифікаторів, та програма, виконана на алгоритмічній мові Mathcad 15. Виконано аналіз результатів та зроблено висновки. Наведено список використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка містить схему і опис технологічної схеми очистки синтез-газу та опис конструкції абсорбера. Графічна частина проекту включає в себе технологічну схему установки – А1, конічну обичайку – А3, складальні креслення: абсорбер – А1, царга – А1, циклон – А2, верхня кришка – А3. До складальних креслень виконано специфікації.

СИНТЕЗ-ГАЗ, НАСАДКОВІЙ АБСОРБЕР, АБСОРБЕР СИНТЕЗ-ГАЗУ, МЕТАНОЛ.

Реферат

УДК 065.143.

Модернизация абсорбера участка очистки синтез-газа. Комплексный: Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» / КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель Я. Г. Двойнос. – М., 2019. – 131 с. : ил. Испол. – О.И. Итальянцев – Библиограф. : 131 с.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 глав, заключения, списка ссылок из 45 наименований. Общий объем работы составляет 131 с. основного текста, 27 рисунков, 6 таблиц и 4 приложений.

Целью проекта является проектирование и модернизация конструкции насадочного абсорбера предназначенного для очистки синтез-газа производительностью 0,875 кг/с.

Поставленная задача достигается путем расчета материального баланса абсорбера, расчета поверхности контакта абсорбера, расчета геометрических размеров циклона, расчета высоты абсорбера, расчета гидравлического сопротивления абсорбера и расчетов на прочность основных узлов и деталей конструкции. Для расчета толщины теплоизоляционного слоя приведена алгоритмическая схема, таблица идентификаторов, и программа, выполненная на алгоритмическом языке Mathcad 15. Выполнен анализ результатов и сделаны выводы. Приведен список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка содержит схему и описание технологической схемы очистки синтез-газа и описание конструкции абсорбера. Графическая часть проекта включает в себя технологическую схему установки - А1, коническую обечайку - А3, сборочные чертежи: абсорбер - А1, царга - А1, циклон - А2, верхняя крышка - А3. К сборочным чертежам выполнено спецификации.

СИНТЕЗ-ГАЗ, НАСАДОЧНЫХ АБСОРБЕРОВ, АБСОРБЕР СИНТЕЗ-ГАЗА, МЕТАНОЛ.

The abstract

UDC 065.143.

The Bachelor Diploma project on the theme: "Modernization of absorber of synthesis gas purification station. Complex": / Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute; Scientific supervisor – Y. Dvoynos. – K., 2019.- 131 p. Developer – O. Italiantshev – Bibliography.: 131 p.

The explanatory note consists of an introduction, 8 chapters, a conclusion, a reference list of 45 items. The total volume of work: 131 p., 27 figures, 6 tables and 4 appendices.

The objective of the study is to design and the modernization of the design of the absorber which was designed for purification of the synthesis gas: the capacity of 0,875 kg/c .

The assigned aim is attained by the calculation of the material balance of the absorber, the calculation of the surface of the absorber contact, the calculation of the geometric dimensions, the calculation of the height of the absorber, the calculation of the hydraulic resistance and the calculation of the strength of the main elements and parts. To calculate the thickness of the thermal insulation layer, it is given the algorithmic scheme, the table of identifiers; and the program was executed in the algorithmic language Mathcad 15. The analysis of results and conclusions have been done. There is a list of the bibliography.

The calculation and explanatory note contains a description of the technological scheme of the purification of the synthesis gas and a description of the design of the absorber. The graphical part of the project includes the technological scheme (A1), the conical shell – A3, the assembly drawings of the absorber – A1, the side-bar – A1, the cyclone – A2, the top cover – A3. The specifications were made for assembly drawings.

SYNTHESIS GAS, PACKED ABSORBER, SYNTHESIS GAS ABSORBER, METHANOL.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
на здобуття ступеня бакалавра

за напрямом підготовки: 13 – Машинобудування

спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та
нафтопереробних виробництв

на тему: Модернізація абсорбера дільниці очистки синтез-газу. Комплексний

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів	11
Вступ	12
1 Призначення область використання установки	13
1.1 Опис технологічного процесу	13
1.2 Вибір типу апарата і його місце в технологічній схемі	15
2 Технічна характеристика	17
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апарата	18
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей апарата	18
3.2 Вибір матеріалів	19
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами	20
3.4 Патентне дослідження	21
4 Охорона праці	29
4.1 Повітря робочої зони	29
4.2 Температура поверхонь устаткування і матеріалів	30
4.3 Електробезпека	31
4.4 Освітлення	32
4.5 Вибухо– і пожежонебезпека	33
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції	34
5.1 Матеріальний баланс абсорбера	34
5.2 Розрахунок поверхні контакту абсорбера	38
5.3 Розрахунок циклона	47
5.4 Розрахунок висоти абсорбера	50
5.5 Розрахунок гідравлічного опору абсорбера	51
5.6 Розрахунок діаметрів патрубків абсорбера	52
5.7 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки	54

					ЛН51.065111.274 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.	Італьянцев				Модернізація абсорбера дільниці очистки синтез-газу	Літ	Лист	Листів
Перев.	Двойнос						9	131
						КПІ ім. Ігоря Сікорського каф. МАХНВ		
Затв.								

5.8 Розрахунок товщини стінки еліптичного днища	57
5.9 Розрахунок товщини теплоізоляційного шару	59
5.10 Розрахунок фланцевого з'єднання	61
5.11 Розрахунок укріплення отворів	72
5.12 Розрахунок опори	74
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апарата	81
7 Рівень стандартизації та уніфікації	84
8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації	85
Висновки	89
Выводы	90
Conclusions	91
Перелік посилань	92
Додаток А Документація патентного дослідження	95
Додаток Б Комп'ютерний розрахунок поверхні контакту абсорбера	102
Додаток В Патенти, які використовувались в патентному дослідженні	109
Додаток Г Публікації автора	118

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

b – ширина, м;

C – додаток до розрахункової товщини, м;

D, d – діаметри, м;

F – поверхню масообміну, м^2 ;

G – продуктивність по газовій фазі, кг/с ;

L – продуктивність по рідкій фазі, кг/с ;

H, h – висота, м;

K – коефіцієнт масопередачі, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

M – вигинаючий момент, МН/м ;

m – маса, кг ;

N – потужність, Вт ;

P – тиск, МПа ;

$\delta_{\text{пр}}$ – приведена товщина плівки, м;

T – температура, К ;

t – температура, $^{\circ}\text{C}$;

V – об'єм, м^3 ;

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості, $\text{Па} \cdot \text{с}$;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, $\text{м}^2/\text{с}$;

ρ_i – густина, кг/м^3 ;

W – швидкість, м/с ;

Критерії:

Pr – дифузійний критерій Прандтля;

Nu – критерій Нусельта;

Re – критерій Рейнольдса;

					ЛН51.066274.001 ПЗ	11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Синтез-газ суміш азоту і водню, у азотної промисловості, використовується для синтезу аміаку. А аміак, в свою чергу, використовується для виробництва азотних добрив. В зв'язку з специфікою процесу виробництва синтез-газу (газифікація вугілля по методу Копперс-Тарцека), на виході він містить багато домішок, які негативно впливають на процес синтезу аміаку та на стан обладнання. Тому синтез-газ потребує попередньої очистки від домішок, перед його використанні у виробництві. Тому робота є актуальною.

Метою роботи є проектування та модернізація насадкового абсорбера. Який служить для очистки синтез-газу від сірководню, в даній технологічній схемі. Це дає змогу, надалі, уникнути забруднення каталізаторів, що забезпечить підвищенню продуктивності виробництва, за рахунок довшої дії каталізаторів, без необхідності їх заміни або чистки. Також видалення сірководню, дозволить уникнути виникненню корозійних процесів, що дозволить суттєво знизить вартість обладнання.

В роботі необхідно надати опис конструкції абсорбера та його основних деталей і складальних одиниць, обрати матеріали для виготовлення апарату, зробити порівняння основних показників розробленої конструкції абсорбера з аналогами, провести патентні дослідження та розробити заходи по охороні праці; зробити параметричний розрахунок абсорбера та розрахунки основних деталей та вузлів конструкції на міцність; надати рекомендації, щодо монтажу та експлуатації та визначити рівень стандартизації та уніфікації абсорбера; виконати техніко-економічне обґрунтування модернізації апарату; розробити креслення технологічної схеми, складального креслення абсорбера, царги, циклона, верхньої кришки.

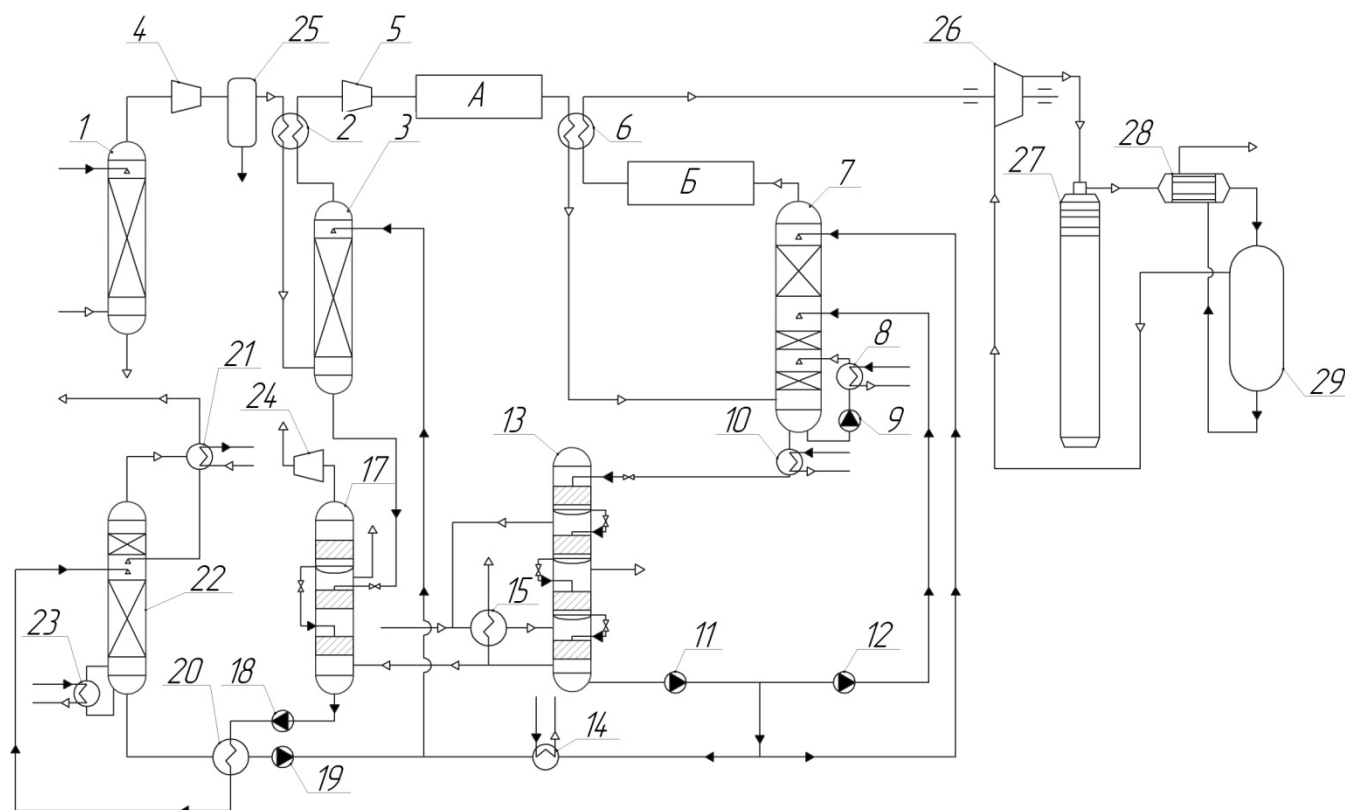
Завдання на дипломний проект одержано у квітні 2019 року під час проходження переддипломної практики в інститут Газу НАН України.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення область використання установки

1.1 Опис технологічного процесу

Для очистки синтез-газу від CO_2 та органічних з'єднань сірки використовують процес абсорбції. Для їх поглинання використовують метанол при низьких температурах. Спосіб "Ректизол" це єдиний спосіб, який забезпечує комплексну очистку газу від CO_2 , H_2S , органічних з'єднань сірки одним й тим самим розчинником. Технологічну схему для очистки синтез-газу [1] зображено на рисунку 1.1.



1 – водяний скруббер; 2,6,15 – газовий теплообмінник; 3 – абсорбер очистки сірки; 4,5,24 – компресор; 7 – абсорбер вуглекислого газу; 8,10,14,16 – аміачний випарник; 9,11,12,18,19 – насос; 13 – десорбер вуглекислого газу; 17 – десорбер очистки сірки; 20 – теплообмінник; 21 – конденсатор; 22 – регенератор; 23 – кип'ятильник; 25 – ресивер; 26 – циркуляційний компресор; 27 – конденсаційна колона; 28 – кожухотрубний теплообмінник; 29 – сепаратор; А – конверсія СО; Б – промивка рідким азотом.

Рисунок 1.1 – Технологічна схема очистки синтез-газу

					ЛН51.066274.001 ПЗ	13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Газ промивається водою від HCN у водяному скрубєрі 1. Після цього стискається до 5 МПа в компресорі 4. Частина стиснутого газу накопичується в ресивєрі 25. Охолоджують за допомогою теплообмінника 2 та направляють в абсорбер очистки від сірки 3. Також в абсорбер 3, подають метанол при температурі мінус $10^{\circ}C$, який містить CO_2 для уникнення великого градієнту температур. Газ очищають (кінцева об'ємна концентрація сірководню в газовій фазі не більше $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{м}^3$) повторно стискають до 5 МПа в компресорі 5 і направляють на конверсію CO_2 А. Вміст CO в газі після конверсії 3%. Далі газ охолоджують за допомогою теплообмінника 6 і направляють в абсорбер 7 для очистки від CO_2 (кінцева об'ємна концентрація в газовій фазі менша за $1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{м}^3$).

Розчинник з абсорбера очистки від сірки 3 регенерує зниженням тиску, обдуванням і шляхом підвода тепла. Більша частина CO_2 видаляється з розчинника шляхом обдуванням азотом. Газ що відходить з десорбера очистки від сірки 17 додатково промивають метанолом до вмісту з'єднань сірки $(2 - 5) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{м}^3$. В регенераторе 22 при кипінні метанолу під тиском до 0,2 МПа видаляють залишок кислотних компонентів. Після конденсації метанолу в 21 отримують газ багатий H_2S .

Розчинник з регенератора 22 охолоджується в теплообмінниках 20 і в аміачному випарнику 14 та при температурі мінус $58^{\circ}C$ подають на зрошення у верхню частину абсорбера 7 для тонкої очистки від CO_2 . Більша частина CO_2 видаляється в нижній частині абсорбера 7 грубо регенованим метанолом. Розчинник з абсорбера 7 регенерує зниженням тиску і обдуванням азотом в десорбері 13. Метанол з останньої ступені десорбера 13 подають в нижню частину коли 13 и в абсорбер очистки сірки. Таким чином відбувається подвійне використання тонко регенованого метанолу: для очистки від CO_2 , а потім – після десорбції частини CO_2 – для очистки сірки. При цьому степінь очистки від з'єднань сірки не зменшується.

Синтез-газ після промивки рідким азотом Б, охолоджується в 6 і направляється

					ЛН51.066274.001 ПЗ	14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на циркуляційній компресор 26, де стискається до 31,5 МПа. Далі потрапляє в конденсаційну колону 27, газ підводять зверху. З конденсаційну колони 27 виходить суміш аміаку, азоту і водню, яка потрапляє в кожухотрубний теплообмінник 28 де аміак конденсується. Потім потрапляє в сепаратор 29 де газ аміак, азот і водень та рідкий аміак розділяються. Газ далі циркулює в системі. А аміак направляють в кожухотрубний теплообмінник 28 де він випаровується і далі іде на продаж.

1.2 Вибір типу апарата і його місце в технологічній схемі

У даному технологічному процесі очистки синтез газу, абсорбер очистки сірки є один з найважливіших елементів. Тому модернізація абсорбера є доцільною для покращення вилучення сірки і зменшення габаритів та металоємності апарата.

Велика кількість типів абсорберів, ускладнює доцільний вибір апарата. Залежно від поверхні контакту фаз абсорбери можна поділити наступним чином [2]:

1. плівкові;
2. насадкові;
3. барботажні;
4. розпилюючи.

Головною метою є вибір конструкції абсорбера, яка б могла забезпечити баланс між протіканням масообмінних процесів та техніко-економічними характеристиками апарата.

Згідно з рекомендаціями [2], для заданих умов очистки газу, найбільш підходить насадковий абсорбер. Оскільки, в даному випадку абсорбер працює під високим тиском та з вибухонебезпечними речовинами, то в даному типі апарату, найбільш легко забезпечити герметичність та надійність вузлів. Сірководень є корозійно-активною речовиною. Насадкові абсорбери легше всього захистити від агресивного середовища, насамперед, за рахунок неметалевої насадки. Цей тип має малий гідравлічний опір. Для даного типу абсорбера обираємо хордову насадку, яка здатна забезпечити оптимальні умови проходження процесу при підвищеному тиску, а в наслідок і великою густиною газу. Схему насадкового абсорбера наведено на рисунку 1.2.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

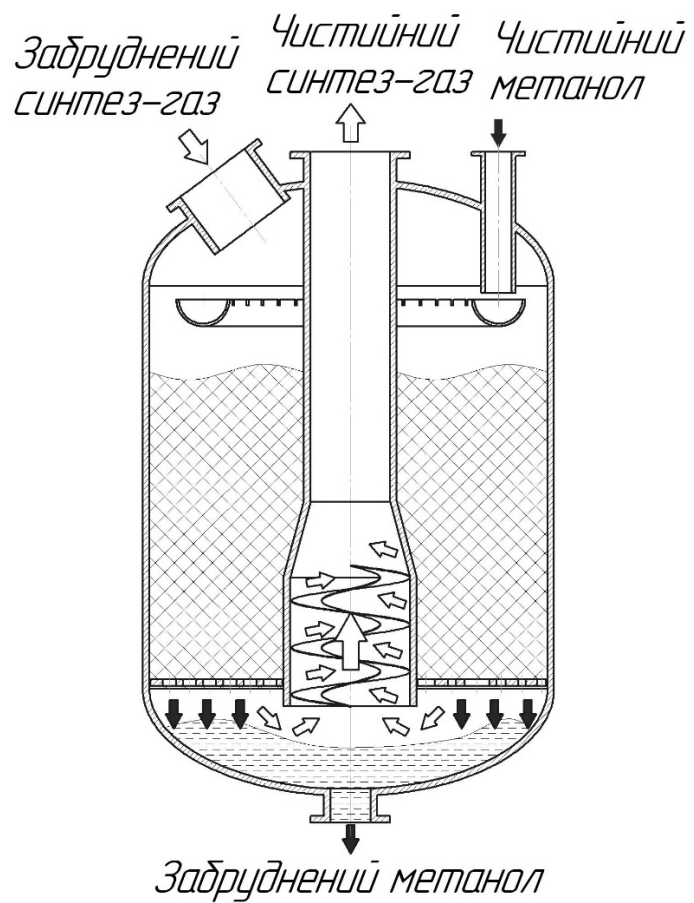


Рисунок 1.2 – Схема насадкового абсорбера

2 Технічна характеристика

Технічна характеристика абсорбера:

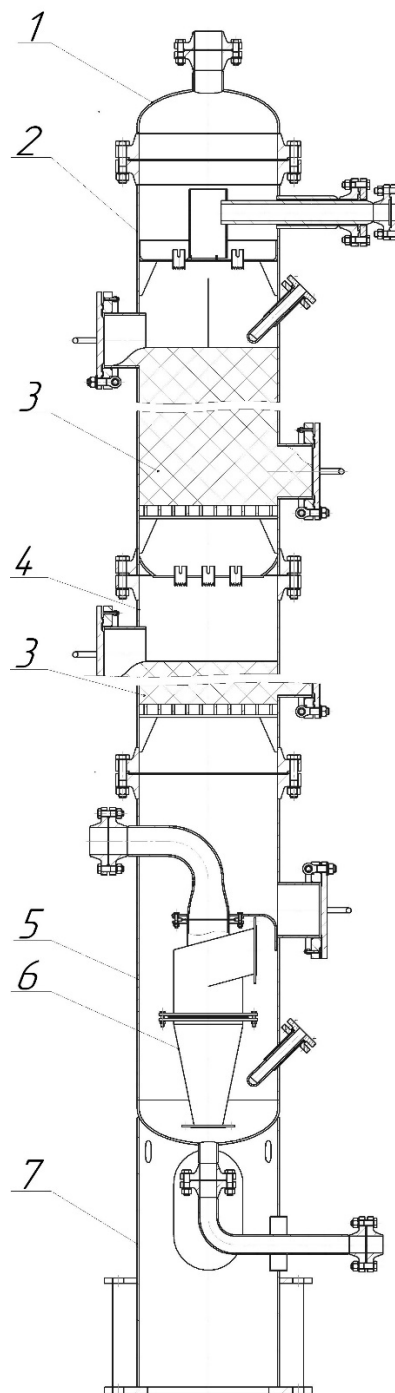
температура в апараті, К	263,15;
тиск в апараті, МПа	5;
масова витрата метанолу, кг/с	0,875;
масова витрата синтез-газу , кг/с	3,048;
поверхня масообміну, м ²	34,343;
Габаритні розміри	
висота, м	7,382;
довжина, м	0,814;
ширина, м	0,6;
мага сухого апарата, кг	970,9.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апарата

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей апарата

Схема насадкового абсорбера зображена на рисунку 3.1.



1 – верхня кришка; 2 – верхня царга; 3 – середня царга; 4 – насадка; 5 – нижня царга; 6 – циклон; 7 – опора.

Рисунок 3.1 – Схема насадкового абсорбера

					ЛН51.066274.001 ПЗ	18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У даному проекті розробляється та модернізується насадковий абсорбер, призначений для очистки синтез-газу від сірководню.

На фундаменті жорстко закріплюють опору 7, на яку встановлюють нижню царгу 5. Патрубки для виводу рідини закріплюють через оглядовий люк у опорі 7. Через люк у нижній царзі 5 закріплюють циклон 6, який служить як бризговловлювач. Далі встановлюються середня 3 і верхня 2 царги, та надягається верхня кришка 1. Через люки у 2 і 3 засипається та втрамбується насадка.

Для забезпечення герметичності апарата, між всіма фланцевими з'єднаннями встановлюють прокладки з корозійно-стійкого матеріалу та згідно з рекомендацією [3], штуцера мають мати виконання 3 і 4

3.2 Вибір матеріалів

Сірководень являється агресивним газом, який провокує появлення кислотної корозії. Сірководень реагує, майже, з усіма металами, утворюючи сульфідів, які по відношенню до заліза грають роль катода і утворюють з ним гальванічну пару. Здатність сульфідів до утворення гальванічних пар зі сталлю призводить до швидкого руйнування технологічного обладнання і трубопроводів.

Згідно з рекомендаціями [4], для апаратів які працюють при низьких температурах з сірководнем, обираємо корозійно-стійку жароміцну сталь 20Х13 ГОСТ 5632-72 після нормалізації і відпуску, для всіх елементів які контактують з агресивним середовищем.

В якості матеріалів для прокладок, згідно з рекомендаціями [5] обираємо азбест з оболонкою із сталі 12Х18Н10Т.

В якості матеріалів для ізоляції, згідно з рекомендаціями [6] обираємо базальт марки БЗМ ГОСТ 1977-87.

Для решти елементів конструкцій, з метою зменшення номенклатури матеріалів, приймаємо сталь 35Х [5].

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

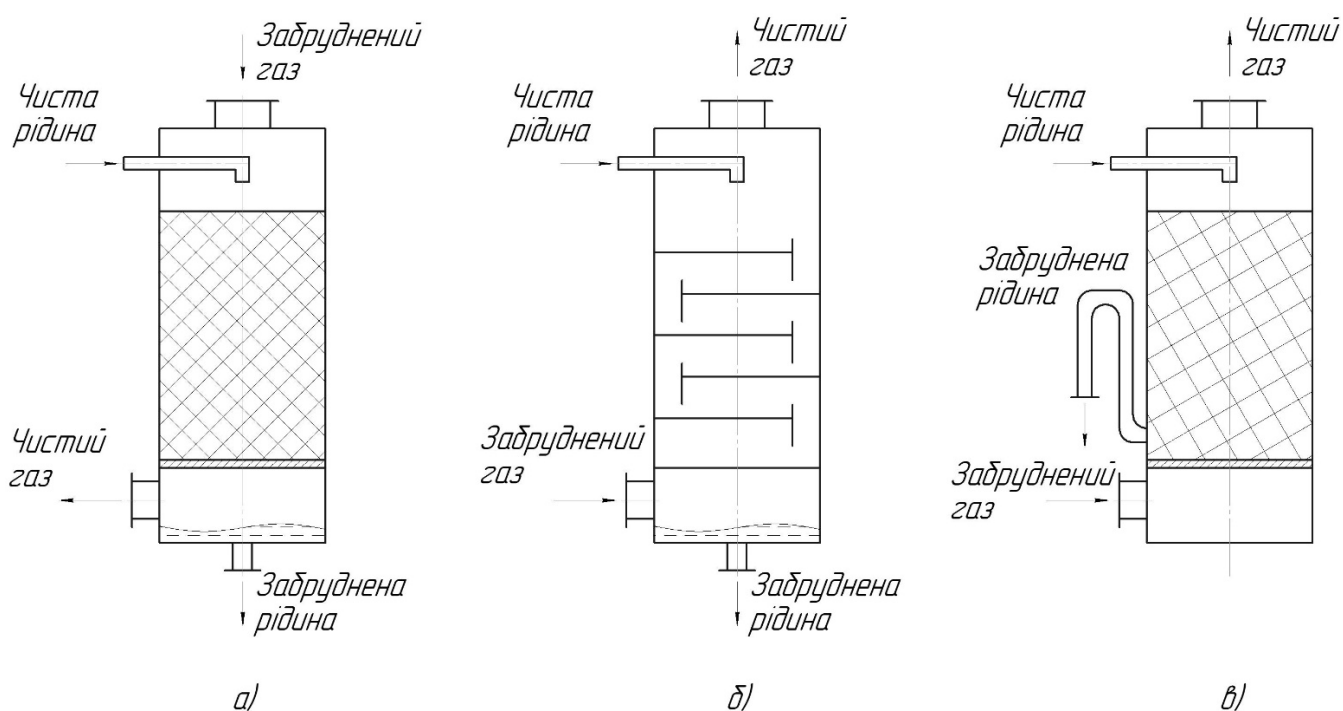
Велика кількість типів абсорберів, ускладнює доцільний вибір апарата. Залежно від поверхні контакту фаз абсорбери можна поділити наступним чином [2]:

1. насадкові;
2. тарілчасті;
3. барботажні.

Обраний вид апарата є насадковий прямоточний абсорбер. Види абсорберів, які обрані для порівняння, наведені на рисунку 3.2.

Насадковий абсорбер має багато переваг, головною з яких є малий гідравлічний опір, можливість працювати з забрудненим середовищем. Та його легше всього захистити від агресивного середовища.

Дані для тарілчастого і барботажного абсорбера були взяті з [2]. До їх гідравлічного опору був доданий опору циклону, для коректності порівняння. Порівняльна характеристика абсорберів наведена у таблиці 3.1.



а – насадковий прямоточний; б – тарілчастий; в – барботажний протитечійний.

Рисунок 3.2 – Види абсорберів

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика абсорберів

Основні технологічні показники	Барботажний протитечійний абсорбер	Тарілчастий абсорбер	Насадковий прямоточний абсорбер (апарат що проектується)
Можливість працювати при наявності забруднень	так, (1)	ні, (0)	так, (1)
Захистити від агресивного середовища	(1)	(0)	(1)
Діаметр апарата, м	0,8, (2)	1.0, (1)	0,4, (3)
Висота апарата, м	6, (3)	12, (1)	7,5 (2)
Гідравлічний опір, Па	13542, (2)	32310, (1)	12110,338 (3)
Сума балів	9	4	10

Висновки: Абсорбер, що проектується набрав найбільшу кількість балів, для заданих умов, він має оптимальні габаритні розміри, найменший гідравлічний опір, має здатність працювати при наявності забруднень та з агресивним середовищем, то доцільно використовувати запропонований тип абсорбера.

3.4 Патентне дослідження

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук. Результати даного пошуку наведені в (додатку В).

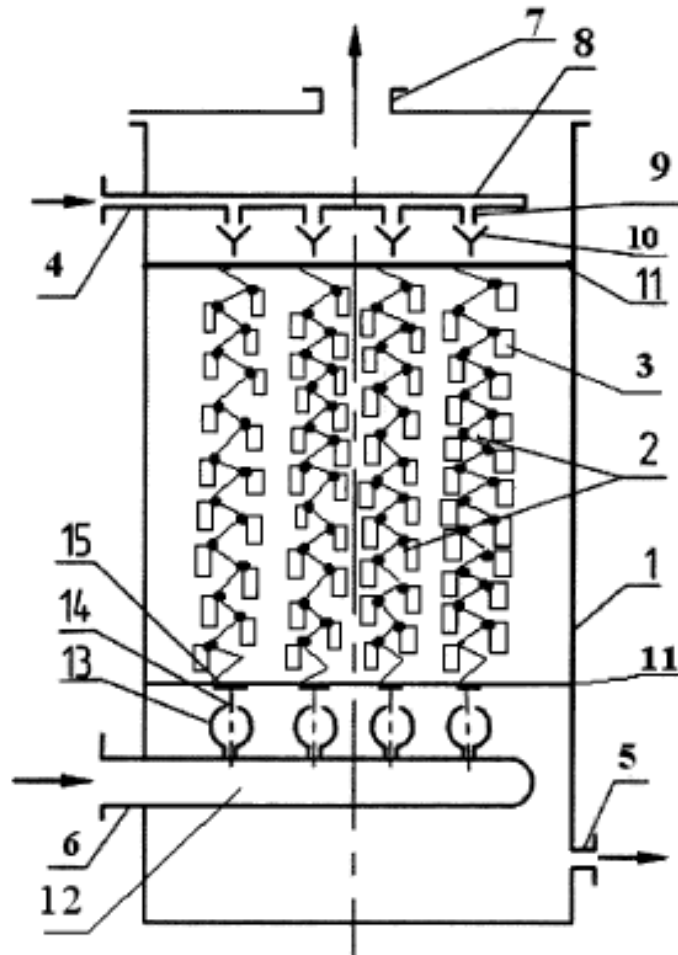
Предметом патентного пошуку є насадковий абсорбер.

Загальний вигляд абсорбера [7] наведений на рисунку 3.3. Абсорбер з насадкою працює наступним чином. Рідина по патрубку 4 подається в розподільний пристрій для рідини, і з горизонтальної труби 8 потрапляє в розподільні патрубки 9, а з них в щілинні воронки 10, які рівномірно зрошують пружину 2 з насадкою 3 і стікає по ним вниз корпусу 1 і відводиться з нього по патрубку 5.

Газ подається по патрубку 6, потрапляє в труби 12 і рівномірно заповнює

					ЛН51.066274.001 ПЗ	21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порожнину акустичних резонаторів 13, з яких з великою швидкістю виходить через отвори 14. Потік газу, виходячи з отворів 14 резонаторів 13, з великою силою вдаряє по дискам 15 і, рівномірно обтікаючи їх, утворює вихори і хвиле образні поверхні рідини, що стікає по пружинам 2 з насадкою 3, піднімається вгору вздовж пружин 2 з насадкою 3 і виходить з корпусу 1 по патрубку 7.



1 – корпус; 2 – пружина; 3 – насадка; 4 – патрубок для входу рідини; 5 – патрубок для виходу рідини; 6 – патрубок для входу газу; 7 – патрубок для виходу газу; 8 – горизонтальна труба; 9 – розподільний патрубок; 10 – воронки; 11 – траверса; 12 – колектор; 13 – резонатор; 14 – отвір; 15 – горизонтальні диски.

Рисунок 3.3 – Насадковий абсорбер

Така конструкція дозволяє інтенсифікувати масообмін між рідкою і газовою фазами за рахунок вібраційного режиму коливань вертикальних пружин 2 з насадкою 3 під дією струменів газу, що виходять з великою швидкістю з отворів 14

акустичних резонаторів 13, що призводить до підвищення продуктивності.

Переваги:

- велика продуктивність;
- покращення масообміну на межі розділу фаз;
- малий гідравлічний опір.

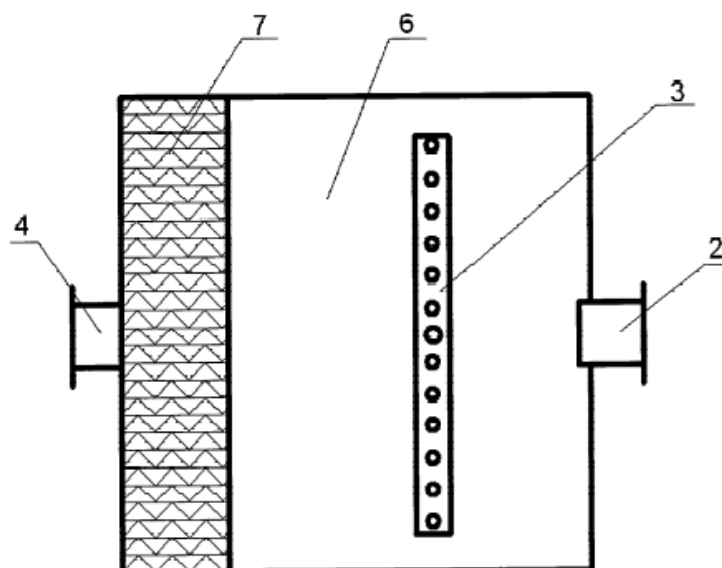
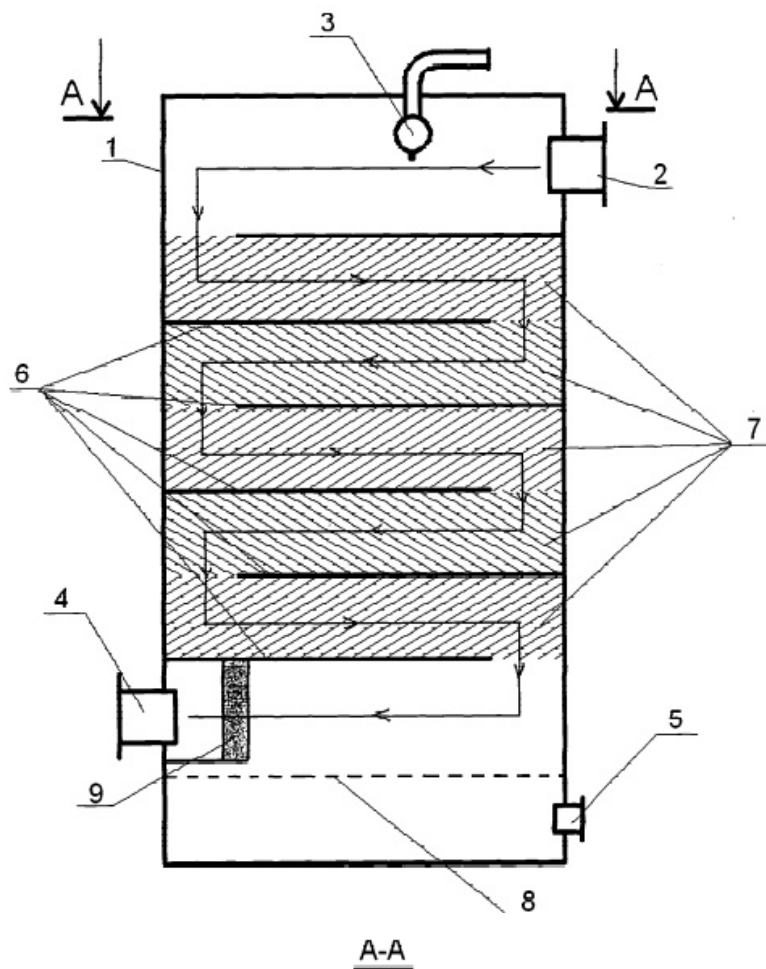
Недоліки:

- складність конструкції;
- неможливість працювати з агресивними середовищами;
- неможливість працювати при високому тиску.

Загальний вигляд прямоточного абсорбера [8] наведений на рисунку 3.4. Робота абсорбера здійснюється наступним чином. Потік газу через штуцер 2 надходить в корпус 1, в простір над верхньою полицею. Одночасно, через розподільник рідини 3, в цей же простір підводиться абсорбент. Утворений газо-рідинний потік рухається в поперечному перетині апарата у напрямку до стінки, протилежної штуцеру входу газу. Далі, через прохід в полотні полиці, потік потрапляє в між полицями, утворений верхньою і нижньою полицею, в якому розміщений пакет регулярної насадки 7. Рух потоку відбувається в зворотному напрямку до протилежної стінки. Рухаючись по каналах насадки, газо-рідинний потік переміщується, відбувається дроблення крапель рідини, збільшується площа контакту фаз (між газом і рідиною), значно підвищується коефіцієнт масопередачі. Масообмін між газом і абсорбентом відбувається в каналах пакетів насадки як на стінках каналів, так і в обсязі каналу внаслідок турбулізації газо-рідинного потоку. Далі, через прохід в полотні полки, потік надходить на нижню секцію і процес повторюється. Послідовно проходячи через всі масообмінні секції зверху вниз, газорідинний потік потрапляє в нижню частину апарата, де швидкість потоку зменшується і відбувається розподіл газу і рідини.

Краплі рідини потрапляють в кубову частина апарату, де підтримується певний рівень рідини (поз.8). Рідина виводиться з апарату через штуцер 5. Газ проходить через бризговловлювач 9 і виводиться через штуцер 4.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – корпус; 2 – штуцер для входу газу; 3 – розподільник рідини; 4 – штуцев для виходу газу; 5 – штуцер для виходу рідини; 6 – полиця; 7 – насадка; 8 – рівень рідини; 9 – бризговловлювач.

Рисунок 3.4 – Прямоточний абсорбер

					ЛН51.066274.001 ПЗ	24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це дозволяє зі збільшенням швидкостей потоків збільшити коефіцієнти масопередачі і питому поверхню контакту фаз внаслідок диспергування рідини. Це призводить до зменшення робочого об'єму апарата, або до збільшення продуктивності.

Переваги:

- великі коефіцієнти масопередачі;
- велика питома поверхню контакту фаз;
- велика продуктивність;
- малий об'єм апарата.

Недоліки:

- складність конструкції;
- наявність застійних зон;
- неможливість працювати в протитечії;
- великий гідравлічний опір, порівняно з аналогами.

Загальний вигляд фракціуючого абсорбера [9] наведений на рисунку 3.5.

При роботі абсорбера 1 газ через II подають в зону живлення 5, в верхню зону сепарації 6 подають рідину с III, яка при протитечійному контактуванні з гарячим газом в умовах градієнта температур, що створюється за рахунок охолодження рідиною через I, абсорбує з газу. Очищений газ IV виводять з верхньої зони сепарації 6, а рідину виводять з нижньої виводять зони 7 через V.

Таким чином винахід дозволяє спростити абсорбер, знизити енерговитрати і може бути використано в нафтогазовій промисловості.

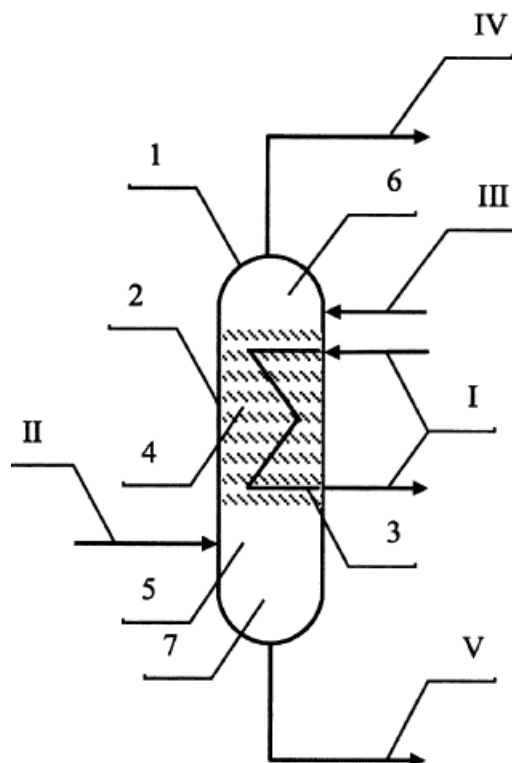
Переваги:

- малі енерговитрати;
- простота конструкції;
- є можливість відводити тепло;
- можна застосовувати в нафтогазовій промисловості.

Недоліки:

- неможливість працювати в протитечії;
- температурні деформації в наслідок градієнта температур.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



I – ввід/вивід охолоджуючої рідини; II – ввід забрудненого газу; III – ввід рідини;
IV – вивід очищеного газу; V – вивід забрудненої рідини; 1 – абсорбер; 2 –
абсорбційна секція; 3 – теплообмінний елемент; 4 – насадка; 5 – зона живлення; 6 –
верхня зона сепарації; 7 – нижня зона сепарації.

Рисунок 3.5 – Фракціюючий абсорбер

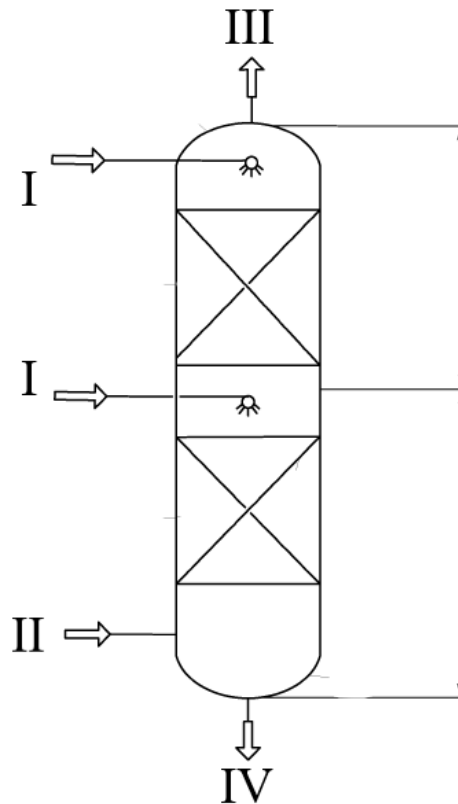
Загальний вигляд абсорбера [10] наведений на рисунку 3.6. Абсорбер працює аналогічно з звичайними конструкціями. Головною його особливістю є подача розчинника одразу на дві секції насадки. Це дозволяє суттєво зменшити діаметр апарата та його об'єм. Збільшити швидкість в абсорбері, а з цим і коефіцієнти масопередачі.

Переваги:

- малий об'єм апарата;
- простота конструкції;
- великі коефіцієнти масопередачі.

Недоліки:

- неможливо реалізувати протитечію.



I – ввід чистої рідини; II – ввід забрудненого газу; III – вихід чистого газу;
IV – вихід забрудненої рідини.

Рисунок 3.6 – Абсорбер

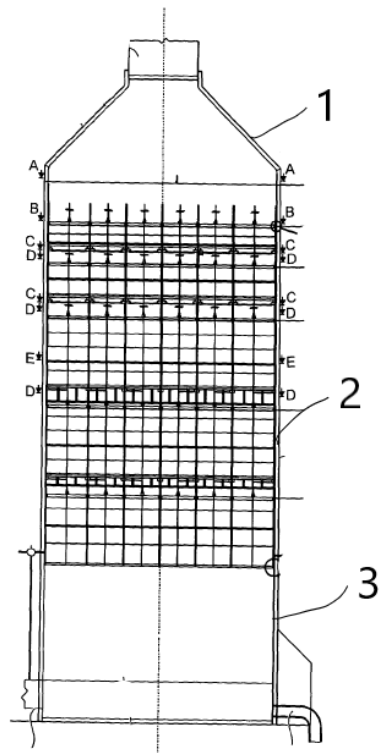
Загальний вигляд абсорбера [11] наведений на рисунку 3.7. Абсорбер працює аналогічно з звичайними конструкціями. Головною його особливістю є регулярна насадка яка забезпечує рівномірне розподілення рідини і газу по всій її поверхні. Уникнення утворення застійних зон. За рахунок великої питомої поверхні насадки зменшити габарити апарата.

Переваги:

- малий об'єм апарата;
- великі коефіцієнти масопередачі;
- малий гідравлічний опір.

Недоліки:

- складність виготовлення насадки;
- неможливість працювати з агресивними середовищами.



1 – кришка абсорбера; 2 – корпус абсорбера; 3 – нижня частина абсорбера.

Рисунок 3.7 – Абсорбер

Висновок: за результатами патентного дослідження обґрунтовано необхідність модернізації прямоточного насадкового абсорбера.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Охорона праці

Згідно з законодавством України про охорону праці під час експлуатації насадкового абсорбера для очистки синтез-газу від сірководню, для робітників треба розробити безпечні умови праці.

Метою роботи є проектування та модернізація насадкового абсорбера.

Технологічний процес очистки синтез-газу має багато шкідливих факторів. Тому необхідно, щоб всі ці фактори задовольняли прийнятим державним та галузевим стандартам. Головною умовою зниження травматизму на виробництві є дотримання усіх правил техніки безпеки. Весь робочий персонал повинен бути з ознайомлений з цими правилами. На робочих місцях мають знаходитися інструкції з техніки безпеки. Також у виробничій зоні, на добре видних місцях, повинні висіти плакати, які ілюструють методи безпечного виконання робіт.

Введення в експлуатацію нових виробництв, застосування нових конструкцій і процесів, несуть в собі небезпечні для робітників фактори. Та можуть вести до підвищування частоти нещасних випадків, та навіть до набуття робітниками професійних захворювань. Тому охорона праці є найголовнішим напрямком на підприємстві на сьогодні.

В процесі експлуатації насадкового абсорбера, на робочому місті оператора ($S=600 \text{ м}^2$, $V=3600 \text{ м}^3$) присутні наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура поверхонь устаткування і матеріалів;
- враження електричним струмом (електромережа живлення установки);
- промислове освітлення;
- вибухо- і пожежонебезпека.

4.1 Повітря робочої зони

Для працівників, необхідно забезпечити оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості вітру в робочій зоні.

Оскільки абсорбційна колона знаходиться в цеху, в результаті пошкодження

					ЛН51.066274.001 ПЗ	29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

герметичності апарату в повітря робочої зони можуть потрапити сірководень, монооксид і діоксид вуглецю. Найбільш токсичним є монооксиди вуглецю. Гранично допустима концентрація якого становить 20 мг/м³. При впливі оксидів вуглецю можуть виникати як гострі, так і хронічні отруєння. Гострі захворювання визиваються одноразовою взаємодією значної кількості оксиду вуглецю, хронічні - тривалою дією. Основною негативною властивістю сірководню і монооксиду вуглецю є накопичення в повітрі з подальшим витісненням кисню. При значному накопиченні монооксиду і діоксиду вуглецю можливий вибух. Тому передбачено повну вентиляцію та очищення повітря в робочій зоні.

Повітря робочої зони повинно відповідати нормам [12], які для даної категорії робіт, наведено в таблиці 4.1. Дотримання цих параметрів здійснюється за допомогою водяного опалення приміщення з температурою теплоносія 70-90°C, а в літній – кондиціонером з індивідуальним регулюванням температури та об'єму повітря.

Таблиця 4.1 – Параметри повітря робочої зони

Сезон року	Категорія робіт – 1б		
	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холод-ний	19-20	40-65	0,2
Теплий	20-25	40-70	0,2

Санітарно-гігієнічне нормування умов мікроклімату здійснюється за [13]. Згідно з ними усі виробничі і допоміжні приміщення повинні вентилуватися. У нашому випадку застосовано припливно-витяжна вентиляція з системою очистки повітря.

4.2 Температура поверхонь устаткування і матеріалів

При роботі з рідинами і газами які знаходяться при температурі меншою ніж 0°C, необхідно прийняти міри, по виключенню контакту робочих з поверхнями які знаходять при низьких температурах. З цією метою використовують теплоізоляцію і огороження обладнання. Температура поверхні ізоляції не повинна опускатися

					ЛН51.066274.001 ПЗ	30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нижче 15°C.

Ізоляція відповідає вимогам [14]:

- 1) вона повинна мати малу об'ємну вагу;
- 2) ізоляція повинна відрізнятися малою гігроскопічністю;
- 3) вона повинна зберігати свої якості при впливі різних температур;
- 4) повинна мати термостійкість;
- 5) повинна відрізнятися механічною міцністю;
- 6) ізоляція повинна мати пластичність;
- 7) нарешті, ізоляція повинна бути безпечною в пожежному відношенні, довговічна (не розпадатися, не гнити).

4.3 Електробезпека

По ступеню враження електричним струмом, дане приміщення відноситься до 1 класу (без підвищеної небезпеки) згідно ПУЕ. Система виробництва використовує електроустановки з глухозаземленою нейтраллю: напруга 220/380 В, частота 50 Гц.

Під час роботи абсорбера, головними факторами для нанесення електротравм робітникам є:

- Випадкове доторкання робітника до струмоведучих частин, які знаходяться під напругою;
- доторкання робітника до струмоведучих частин, які знаходяться під напругою, внаслідок ушкодження ізоляції;
- потрапляння робітника під напругу, через випадкове ввімкнення обладнання під час проведення ремонтних робіт.

Міри захисту персоналу від враження електричного струму під час роботи виробництва:

- перед кожним запуском, перевіряти ізоляцію на предмет пошкодження, $R_{із} \geq 0,5 \text{ мОм}$;
- проводити регулярні інструктажі з техніки безпеки при роботі на виробництві.

Міри захисту персоналу при нормальному режимі роботи:

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- в електроустановках застосовуються наступні види ізоляції [8];
- частини які ведуть струм повинні бути огорожені сіткою висотою 1,7 м;
- розміром отворів 10x10 мм;
- електропроводи необхідно підвесити на висоту 3,5;
- розташовано таблички з написами “Обережно! Електрична напруга” на частини які ведуть струм;
- застосовано сигнальні лампи зеленого кольору “Вимкнено” та червоного кольору “Ввімкнено» на шафі управління лінією;
- згідно з вимогами [15] виконують монтаж електрообладнання та його занулення.

Для унеможливлення ураженню струмом робітники мають дотримуватись таких правил:

- не торкатися до електропроводів, робити ремонт електроустаткування, не допускати до ремонту електрообладнання особі, які не мають права допуску;
- в розподільну щитову дозволяється входити лише персоналу, який має право доступу;
- використовувати лампи напругою 12 В для переносного освітлення;
- систематична перевірка електриком заземлення на відповідність правилам безпеки;
- в аварійному режимі занулення з автоматичним відключенням [16].

4.4 Освітлення

Освітлення в робочій зоні повинно відповідати гігієнічним нормам. Використовується природне і штучне освітлення.

Природне освітлення використовують бокове, а для штучного використовуються лампи світлодіодні лампи, з великою світловіддачею $\Phi = 2200$ люмен та великий терміном служби ($W = 10\text{Вт}$). Загальна освітленість в приміщенні складає $E_{\Phi}=240\text{лк}$ що задовольняє вимогам [17].

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

4.5 Вибухо– і пожежонебезпека

Технологічний процес очистки синтез газу належить до вибухонебезпечного виробництва, оскільки використовуються вибухонебезпечний газ.

Вибухонебезпечними компонентами є водень, монооксид і діоксид вуглецю.

Лінія призначена для експлуатації в пожежонебезпечних зонах класу 2 за ПУЕ. Категорія виробництва “А” по [18].

В приміщенні присутня система автоматичного пожежогасіння, Отже, робоче середовище пожежонебезпечне за [19]. Передбачені стаціонарні зрошувальні системи на всю висоту колонних апаратів. В місця де подається метанол і синтез-газ встановлюються запобіжні клапани, який у разі підвищення тиску, автоматично перекриває подачу цих речовин.

Для запобігання можливих пожеж кисень та збагачене киснем повітря не повинні контактувати з обладнанням, трубопроводами, арматурою, інструментами. Всі поверхні, які можуть контактувати з киснем, необхідно обезжирити.

Витрати на пожежогасіння – 300 л/с. Під час аварійного відключення електроенергії вода подається за допомогою насосів.

Передбачені порошкові вогнегасники (ОПС-10 і ОППС-100) для гасіння ввімкнених електромереж.

На відстані 30 м встановлені пожежні гідранти з рукавами по 10 м.

Відстань до пожежних виходів – 40 м, кількість виходів – 4, з шириною прорізу дверей 2,5 м відповідно до [20].

У вибухонебезпечних приміщеннях аварійна вентиляція вмикається коли НКМВ вище 20%. Приміщення обладнане повітряно-емульсійними та порошковими вогнегасниками

Висновки: було проведено аналіз виробництва очистки синтез-газу, все вище перераховане відповідає чинному законодавству України та відповідних нормативно правовим документам згідно [21].

					ЛН51.066274.001 ПЗ	33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

5.1 Матеріальний баланс абсорбера

Вихідні дані:

температура в апараті T , К	263,15;
масова витрата метанолу L' , кг/год	3150;
початкова масова доля сірководню в газовій фазі \overline{y}_k , %	0,7;
кінцева об'ємна концентрація сірководню в газовій фазі \overline{v}_k , $\text{м}^3_{\text{H}_2\text{S}}/\text{м}^3_{\text{СГ}}$	$5 \cdot 10^{-4}$;
початкова об'ємна концентрація сірководню в рідкій фазі \overline{c}_n , $\text{м}^3_{\text{H}_2\text{S}}/\text{м}^3_{\text{CH}_3\text{OH}}$	$3 \cdot 10^{-6}$;
кінцева масова доля сірководню в рідкій фазі \overline{x}_k , %	2,15;
робочий тиск P , Па	$5 \cdot 10^6$.

Метою розрахунку є визначення матеріального балансу абсорбера. Розрахунок виконано за методикою [22, ст. 102-104]. Схема абсорбера наведена на рисунку 5.1.

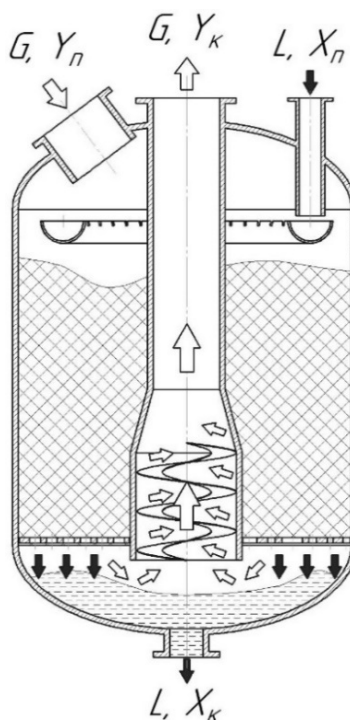


Рисунок 5.1 - Схема абсорбера

					ЛН51.066274.001 ПЗ	34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Масова витрата метанолу в вибраній для розрахунку розмірності, кг/с:

$$L = \frac{L'}{3600} = \frac{3150}{3600} = 0,875.$$

Густина сірководню при температурі 263,15 К і тиску 5 МПа [23], кг/м³:

$$\rho_{H_2S} = \rho_{0H_2S} \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0} = 1,539 \frac{273,15 \cdot 5 \cdot 10^6}{263,15 \cdot 0,1 \cdot 10^6} = 79,885,$$

де $\rho_{0H_2S} = 1,539$ кг/м³ - густина сірководню при нормальних умовах [24];

$T_0 = 273,15$ К - температура при нормальних умовах;

$P_0 = 0,1 \cdot 10^6$ Па - тиск при нормальних умовах.

Густина синтез-газу при температурі 263,15 К і тиску 5 МПа [23], кг/м³:

$$\rho_{CG} = \rho_{0CG} \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0} = 1,037 \frac{273,15 \cdot 5 \cdot 10^6}{263,15 \cdot 0,1 \cdot 10^6} = 53,834,$$

де $\rho_{0CG} = 1,037$ кг/м³ - густина синтез-газу при нормальних умовах [23]:

$$\begin{aligned} \rho_{0CG} &= y_{CO_2} \cdot \rho_{0CO_2} + y_{CO} \cdot \rho_{0CO} + y_{N_2} \cdot \rho_{0N_2} + y_{H_2S} \cdot \rho_{0H_2S} + y_{H_2} \cdot \rho_{0H_2} = \\ &= 0,185 \cdot 1,977 + 0,308 \cdot 1,25 + 0,199 \cdot 1,251 + 0,007 \cdot 1,539 + 0,301 \cdot 0,089 = 1,037, \end{aligned}$$

де $y_{CO_2} = 0,185$ - об'ємна доля діоксиду вуглецю в синтез-газі [1];

$\rho_{0CO_2} = 1,977$ кг/м³ - густина діоксиду вуглецю при нормальних умовах [24];

$y_{CO} = 0,308$ - об'ємна доля монооксиду вуглецю в синтез-газі [1];

$\rho_{0CO} = 1,25$ кг/м³ - густина монооксиду вуглецю при нормальних умовах [24];

$y_{N_2} = 0,199$ - об'ємна доля азоту в синтез-газі [1];

$\rho_{0N_2} = 1,251$ кг/м³ - густина азоту при нормальних умовах [24];

$y_{H_2S} = 0,007$ - об'ємна доля сірководню в синтез-газі [1];

$\rho_{0H_2S} = 1,539$ кг/м³ - густина сірководню при нормальних умовах [24];

$y_{H_2} = 0,301$ - об'ємна доля водню в синтез-газі [1];

$\rho_{0H_2} = 0,089$ кг/м³ - густина водню при нормальних умовах [24].

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Початкова відносна масова концентрація сірководня в газовій фазі, $\text{кг}_{H_2S}/\text{кг}_{CG}$:

$$\overline{Y}_n = \frac{\overline{y}_n}{1 - \overline{y}_n} = \frac{0,007}{1 - 0,007} = 7,049 \cdot 10^{-3}.$$

Кінцева відносна масова концентрація сірководня в газовій фазі, $\text{кг}_{H_2S}/\text{кг}_{CG}$:

$$\overline{Y}_k = \frac{\overline{v}_k \cdot \rho_{H_2S}}{\rho_{CG} - \overline{v}_k \cdot \rho_{H_2S}} = \frac{5 \cdot 10^{-4} \cdot 79,885}{53,834 - 5 \cdot 10^{-4} \cdot 79,885} = 7,425 \cdot 10^{-4}.$$

Початкова відносна масова концентрація сірководня в рідкій фазі, $\text{кг}_{H_2S}/\text{кг}_{CH_3OH}$:

$$\overline{X}_n = \frac{\overline{c}_n \cdot \rho_{H_2S}}{\rho_{CH_3OH} - \overline{c}_n \cdot \rho_{H_2S}} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 79,885}{819,7 - 3 \cdot 10^{-6} \cdot 79,885} = 2,924 \cdot 10^{-7},$$

Кінцева відносна масова концентрація сірководня в рідкій фазі, $\text{кг}_{H_2S}/\text{кг}_{CH_3OH}$:

$$\overline{X}_k = \frac{\overline{x}_k}{1 - \overline{x}_k} = \frac{0,022}{1 - 0,022} = 0,022.$$

де $\rho_{CH_3OH} = 819,7 \text{ кг/м}^3$ - густина метанолу при температурі 263,15 К [25].

Кінцева мольна концентрація сірководня в рідкій фазі, $\text{моль}_{H_2S}/\text{моль}_{CH_3OH}$:

$$x_k = \frac{\frac{\overline{x}_k}{M_{H_2S}}}{\frac{\overline{x}_k}{M_{H_2S}} + \frac{1 - \overline{x}_k}{M_{CH_3OH}}} = \frac{\frac{0,022}{34}}{\frac{0,022}{34} + \frac{1 - 0,022}{32}} = 0,02,$$

де $M_{H_2S} = 34 \text{ кг/кмоль}$ - молярна маса сірководню;

$M_{CH_3OH} = 32 \text{ кг/кмоль}$ - молярна маса метанолу.

Розчинність сірководню в метанолі можна визначити за формулою [1, ст. 291], $\text{м}^3/\text{кг}$:

$$S = 10^{\left(\lg(P) + \frac{908}{T} - 6,865\right)} \frac{10^3}{10^6} = 10^{\left(\lg(5 \cdot 10^6) + \frac{908}{263,15} - 6,865\right)} \frac{10^3}{10^6} = 1,925.$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Масова частка сірководню в метанолі, кг/кг:

$$m_{H_2S} = S \cdot \rho_{H_2S} = 1,925 \cdot 79,885 = 153,793.$$

Число молей сірководню, кмоль:

$$n_{H_2S} = \frac{m_{H_2S}}{M_{H_2S}} = \frac{153,793}{34} = 4,523.$$

Число молей метанолу, кмоль:

$$n_{CH_3OH} = \frac{m_{CH_3OH}}{M_{CH_3OH}} = \frac{1}{32} = 0,031,$$

де $m_{CH_3OH} = 1$ кг/кг - масова частка метанолу.

Коефіцієнтом розподілення сірководню в метанолі:

$$m = \frac{\frac{x_K}{n_{H_2S} \cdot x_K}}{\frac{n_{H_2S} \cdot x_K + n_{CH_3OH}}{4,523 \cdot 0,02 + 0,031}} = \frac{0,02}{4,523 \cdot 0,02} = 0,027.$$

Початкова відносна рівноважна масова концентрація сірководня в газовій фазі, кг_{H₂S}/кг_{СГ}:

$$\overline{Y}_K^p = m \cdot \overline{X}_K = 0,027 \cdot 0,022 = 5,912 \cdot 10^{-4}.$$

Кінцева відносна рівноважна масова концентрація сірководня в газовій фазі, кг_{H₂S}/кг_{СГ}:

$$\overline{Y}_K^p = m \cdot \overline{X}_K = 0,027 \cdot 2,924 \cdot 10^{-7} = 7,049 \cdot 10^{-9}.$$

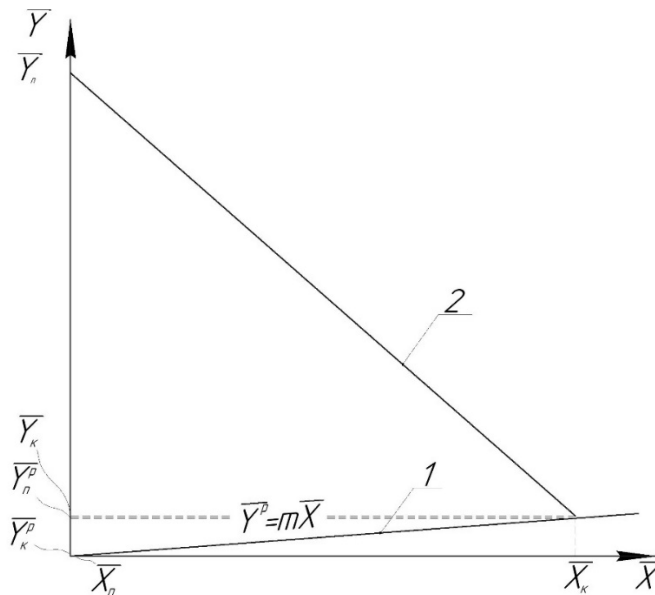
Діаграма рівноваги наведено на рисунку 5.2.

Масова витрата синтез-газу, кг/с:

$$G = L \cdot \frac{(\overline{X}_K - \overline{X}_K^p)}{(\overline{Y}_K - \overline{Y}_K^p)} = 0,875 \cdot \frac{(0,022 - 2,924 \cdot 10^{-7})}{(7,049 \cdot 10^{-3} - 7,425 \cdot 10^{-4})} = 3,048.$$

Висновок: в результаті розрахунку матеріального балансу абсорбера було визначено, коефіцієнтом розподілення - 0,027, відносна рівноважна масова концентрація початкова - $5,912 \cdot 10^{-4}$ кг_{H₂S}/кг_{СГ}, кінцева - $7,049 \cdot 10^{-9}$ кг_{H₂S}/кг_{СГ}, масова витрата синтез-газу - 3,048 кг/с.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37



1 – лінія рівних концентрацій; 2 – робоча лінія.

Рисунок 5.2 – Діаграма рівноваги

5.2 Розрахунок поверхні контакту абсорбера

Вихідні дані:

температура в апараті T , К	263,15;
масова витрата метанолу L , кг/с	0,875;
масова витрата синтез-газу G , кг/с	3,048;
початкова відносна масова концентрація сірководня в рідкій фазі \overline{X}_n , кг H_2S /кг CH_3OH :	$2,924 \cdot 10^{-7}$;
кінцева відносна масова концентрація сірководня в рідкій фазі \overline{X}_k , кг H_2S /кг CH_3OH :	0,022;
початкова відносна масова концентрація сірководня в газовій фазі \overline{Y}_n , кг H_2S /кг CG :	$7,049 \cdot 10^{-3}$;
кінцева відносна масова концентрація сірководня в газовій фазі \overline{Y}_k , кг H_2S /кг CG :	$7,425 \cdot 10^{-4}$;
початкова відносна рівноважна масова концентрація сірководня в газовій фазі \overline{Y}_n^p , кг H_2S /кг CG :	$5,912 \cdot 10^{-4}$;

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

кінцева відносна рівноважна масова концентрація сірководня в

газовій фазі \overline{Y}_K^p , кг_{H₂S}/кг_{СГ}:

$7,049 \cdot 10^{-9}$;

коефіцієнтом розподілення сірководню в метанолі m :

0,027;

робочий тиск P , Па

$5 \cdot 10^6$.

Метою розрахунку є визначення поверхні масообміну. Розрахунок виконано за методикою [22, ст. 104-107]. Розрахункова схема абсорбера для визначення поверхні масообміну наведена на рисунку 5.3.

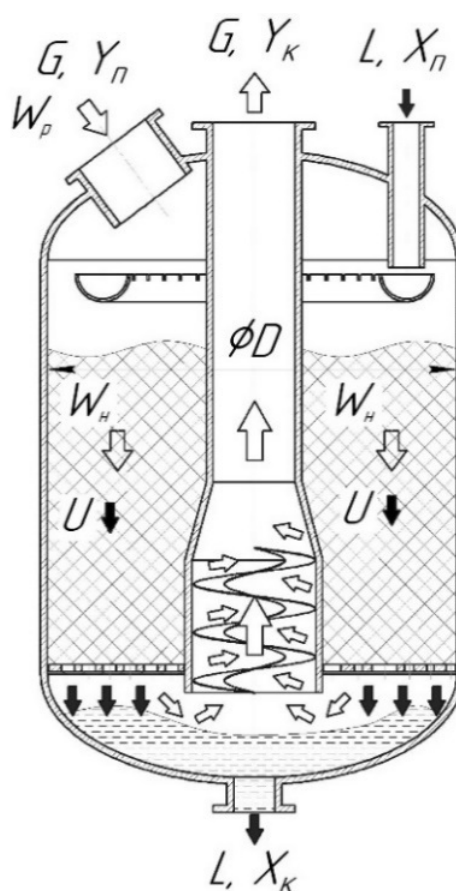


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема абсорбера для визначення поверхні масообміну

Схему рушійної сили процесу масопередачі наведено на рисунку 5.4.

Рушійна сила процесу в абсорбері, кг_{H₂S}/кг_{СГ}:

$$\Delta \overline{Y}_m = \overline{Y}_K - \overline{Y}_n^p = 7,425 \cdot 10^{-4} - 5,912 \cdot 10^{-4} = 1,513 \cdot 10^{-4};$$

$$\Delta \overline{Y}_G = \overline{Y}_n - \overline{Y}_K^p = 7,049 \cdot 10^{-3} - 7,867 \cdot 10^{-9} = 7,049 \cdot 10^{-3}.$$

Різниця між більшою і меншою рушійною силою в абсорбері:

$$\frac{\overline{\Delta Y_6}}{\overline{\Delta Y_M}} = \frac{7,049 \cdot 10^{-3}}{1,513 \cdot 10^{-4}} = 46,604.$$

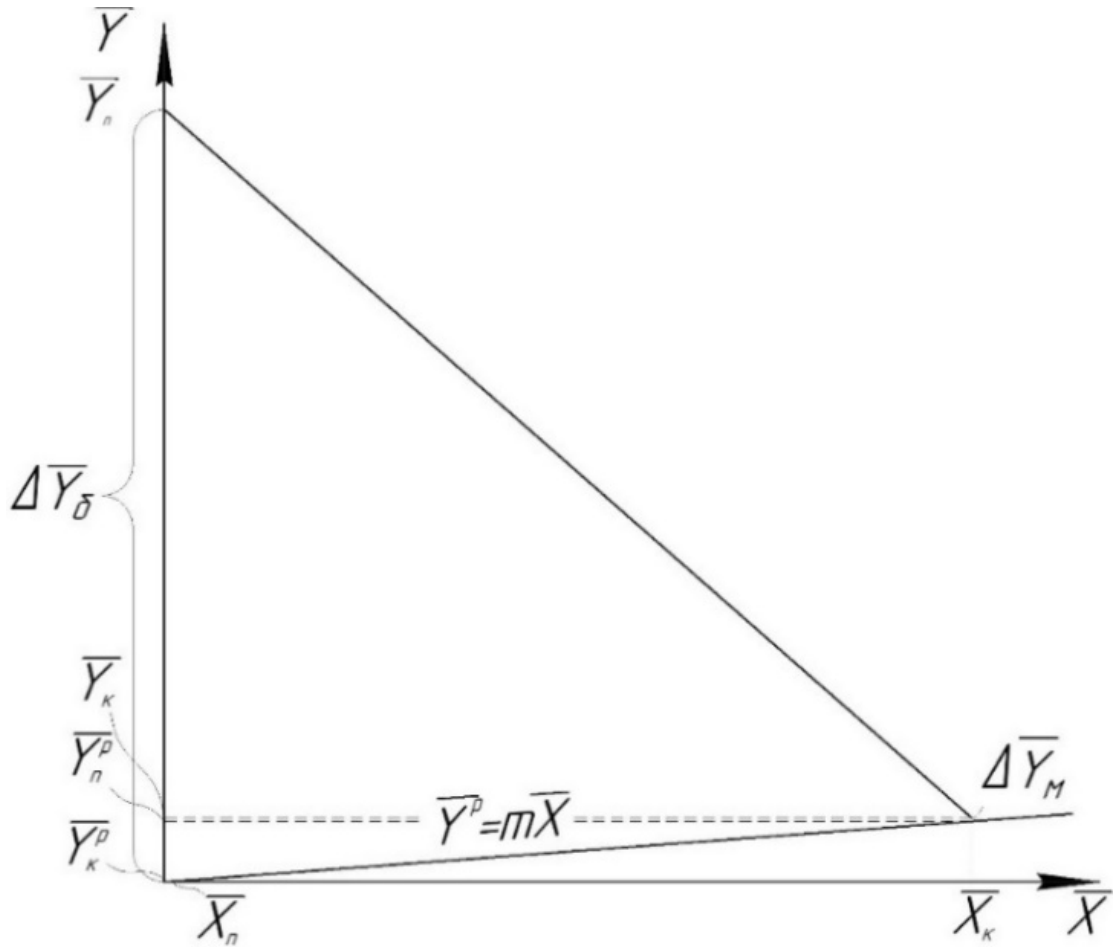


Рисунок 5.4 – Рушійна сила процесу

Оскільки різниця $\overline{\Delta Y_6} / \overline{\Delta Y_M} = 46,604 > 2$, тому середня рушійна сила процесу масопередачі в абсорбері, визначається як середньо логометричне, $\text{кг}_{H_2S} / \text{кг}_{CF}$:

$$\overline{\Delta Y_{\text{сер}}} = \frac{\overline{\Delta Y_6} - \overline{\Delta Y_M}}{\ln \left(\frac{\overline{\Delta Y_6}}{\overline{\Delta Y_M}} \right)} = \frac{7,049 \cdot 10^{-3} - 1,513 \cdot 10^{-4}}{\ln \left(\frac{7,049 \cdot 10^{-3}}{1,513 \cdot 10^{-4}} \right)} = 1,796 \cdot 10^{-3}.$$

Мольний об'єм синтез-газу, $\text{см}^3 / \text{моль}$ [23]:

$$\begin{aligned} v_{CF} &= y_{CO_2} \cdot v_{CO_2} + y_{CO} \cdot v_{CO} + y_{N_2} \cdot v_{N_2} + y_{H_2S} \cdot v_{H_2S} + y_{H_2} \cdot v_{H_2} = \\ &= 0,185 \cdot 34 + 0,308 \cdot 30,7 + 0,199 \cdot 31,2 + 0,007 \cdot 32,9 + 0,301 \cdot 14,3 = 26,489, \end{aligned}$$

де $y_{CO_2} = 0,185$ - об'ємна доля діоксиду вуглецю в синтез-газі [1];

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$v_{CO_2} = 34 \text{ кг/м}^3$ - мольний об'єм діоксиду вуглецю [27, ст. 267];

$y_{CO} = 0,308$ - об'ємна доля монооксиду вуглецю в синтез-газі [1];

$v_{CO} = 30,7 \text{ кг/м}^3$ - мольний об'єм монооксиду вуглецю [27, ст. 267];

$y_{N_2} = 0,199$ - об'ємна доля азоту в синтез-газі [1];

$v_{N_2} = 31,2 \text{ кг/м}^3$ - мольний об'єм азоту [27, ст. 267];

$y_{H_2S} = 0,007$ - об'ємна доля сірководню в синтез-газі [1];

$v_{H_2S} = 32,9 \text{ кг/м}^3$ - мольний об'єм сірководню [27, ст. 267];

$y_{H_2} = 0,301$ - об'ємна доля водню в синтез-газі [1];

$v_{H_2} = 14,3 \text{ кг/м}^3$ - мольний об'єм водню [27, ст. 267].

Коефіцієнт дифузії сірководню в синтез-газі [27, ст. 266], $\text{м}^2/\text{с}$:

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot T^{\frac{3}{2}}}{P_{\text{кгс}} \cdot \left(v_{\text{CG}}^{\frac{1}{3}} + v_{H_2S}^{\frac{1}{3}} \right)^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_{\text{CG}}} + \frac{1}{M_{H_2S}}} =$$
$$= \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot 263,15^{\frac{3}{2}}}{1,02 \cdot 10^{-5} \cdot 51 \cdot \left(25,489^{\frac{1}{3}} + 32,9^{\frac{1}{3}} \right)^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{23} + \frac{1}{34}} = 2,54 \cdot 10^{-5}.$$

$M_{\text{CG}} = 23 \text{ кг/кмоль}$ - молярна маса синтез-газу [23]:

$$v_{\text{CG}} = y_{CO_2} \cdot v_{CO_2} + y_{CO} \cdot v_{CO} + y_{N_2} \cdot v_{N_2} + y_{H_2S} \cdot v_{H_2S} + y_{H_2} \cdot v_{H_2} =$$
$$= 0,185 \cdot 34 + 0,308 \cdot 30,7 + 0,199 \cdot 31,2 + 0,007 \cdot 32,9 + 0,301 \cdot 14,3 = 26,489,$$

де $M_{CO_2} = 44 \text{ кг/кмоль}$ - молярна маса діоксиду вуглецю;

$M_{CO} = 28 \text{ кг/кмоль}$ - молярна маса монооксиду вуглецю;

$M_{N_2} = 28 \text{ кг/кмоль}$ - молярна маса азоту ;

$M_{H_2S} = 34 \text{ кг/кмоль}$ - молярна маса сірководню;

$M_{H_2} = 2 \text{ кг/кмоль}$ - молярна маса водню.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Коефіцієнт дифузії сірководню в метанолі [27, ст. 267], $\text{м}^2/\text{с}$:

$$D_{0x} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{A_1 \cdot A_2 \cdot \left(v_{CH_3OH}^{\frac{1}{3}} + v_{H_2S}^{\frac{1}{3}} \right)^2 \cdot \sqrt{\mu_{CH_3OH} \cdot 10^{-3}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_{CH_3OH}} + \frac{1}{M_{H_2S}}} =$$

$$= \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 2 \cdot \left(44^{\frac{1}{3}} + 32,9^{\frac{1}{3}} \right)^2 \cdot \sqrt{946 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{32} + \frac{1}{34}} = 2,792 \cdot 10^{-9},$$

де $A_1 = 1$ - коефіцієнт для сірководню;

$A_2 = 2$ - коефіцієнт для метанолу;

$M_{CH_3OH} = 32$ кг/моль - молярна маса сірководню.

Коефіцієнт дифузії сірководню в метанолі при температурі 263,15 К [27, ст. 267], $\text{м}^2/\text{с}$:

$$D_x = D_{0x} \cdot (1 + b \cdot (T - 293,15)) = 2,792 \cdot 10^{-9} \cdot (1 + 0,021 \cdot (263,15 - 293,15)) = 1,051 \cdot 10^{-9},$$

де $b = 0,021$ - коефіцієнт лінійної залежності [27, ст. 267]:

$$b = 0,2 \cdot \frac{\sqrt{\mu_{0CH_3OH} \cdot 10^3}}{\sqrt[3]{\rho_{CH_3OH}}} = 0,2 \cdot \frac{\sqrt{581 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3}}{\sqrt[3]{819,7}} = 0,021,$$

де $\mu_{0CH_3OH} = 581 \cdot 10^{-6}$ Па·с - в'язкість метанолу при температурі 293,15 К [25].

В'язкість синтез-газу при температурі 263,15 К і тиску 5 МПа [23], Па·с:

$$\mu_{\text{сг}} = \frac{M_{\text{сг}}}{\frac{y_{CO_2} \cdot M_{CO_2}}{\mu_{CO_2}} + \frac{y_{CO} \cdot M_{CO}}{\mu_{CO}} + \frac{y_{N_2} \cdot M_{N_2}}{\mu_{N_2}} + \frac{y_{H_2S} \cdot M_{H_2S}}{\mu_{H_2S}} + \frac{y_{H_2} \cdot M_{H_2}}{\mu_{H_2}}} =$$

$$= \frac{23}{\frac{0,185 \cdot 44}{150,4 \cdot 10^{-7}} + \frac{0,308 \cdot 28}{1,608 \cdot 10^{-5}} + \frac{0,199 \cdot 28}{1,716 \cdot 10^{-5}} + \frac{0,007 \cdot 34}{112,25 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,301 \cdot 2}{8,242 \cdot 10^{-6}}} = 1,557 \cdot 10^{-5},$$

де $\mu_{CO_2} = 150,4 \cdot 10^{-7}$ Па·с - в'язкість діоксиду вуглецю при температурі 263,15 К і тиску 5 МПа [23];

$\mu_{CO} = 1,608 \cdot 10^{-5}$ Па·с - в'язкість монооксиду вуглецю при температурі 263,15 К і тиску 5 МПа [23];

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$\mu_{N_2} = 1,716 \cdot 10^{-5}$ Па · с - в'язкість азоту при температурі 263,15 К і тиску 5 МПа [23];

$\mu_{H_2S} = 112,25 \cdot 10^{-6}$ Па · с - в'язкість сірководню при температурі 263,15 К і тиску 5 МПа [23];

$\mu_{H_2} = 8,242 \cdot 10^{-6}$ Па · с - в'язкість водню при температурі 263,15 К і тиску 5 МПа [23].

У якості насадки приймаємо хордову з кроком на світлі 10мм (регулярна насадка). Основні характеристики насадки наведено в таблиці 5.1 [22, ст. 317].

Таблиця 5.1 – Основні характеристики насадки

Типорозмір	Питома поверхня насадки	Вільний об'єм насадки	Еквівалентний діаметр насадки
	$a, \text{м}^2/\text{м}^3$	$V_c, \text{м}^3/\text{м}^3$	$d_e, \text{м}$
10×100×10 мм	100	0,55	0,022
10×100×20 мм	65	0,68	0,042
10×100×30 мм	48	0,77	0,064

Гранична швидкість газу в абсорбері визначається за умов затопленої насадки [22]:

$$\lg \left(\frac{W_{\text{гр}}^2 \cdot a}{g \cdot V_c^3} \cdot \frac{\rho_{\text{сг}}}{\rho_{\text{CH}_3\text{OH}}} \cdot \mu_{\text{CH}_3\text{OH}}^{0,16} \right) = A - B \cdot \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{сг}}}{\rho_{\text{CH}_3\text{OH}}} \right)^{0,125}.$$

Отже, гранична швидкість газу в абсорбері, м/с:

$$W_{\text{гр}} = \sqrt{\frac{10^{\left(A - B \cdot \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{сг}}}{\rho_{\text{CH}_3\text{OH}}} \right)^{0,125} \right)}}{\frac{a}{g \cdot V_c^3} \cdot \frac{\rho_{\text{сг}}}{\rho_{\text{CH}_3\text{OH}}} \cdot \mu_{\text{CH}_3\text{OH}}^{0,16}}} = \sqrt{\frac{10^{\left(0 - 1,75 \cdot \left(\frac{0,875}{3,048} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{53,834}{819,7} \right)^{0,125} \right)}}{\frac{100}{9,81 \cdot 0,55^3} \cdot \frac{53,834}{819,7} \cdot (946 \cdot 10^{-6})^{0,16}}} = 0,305,$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння;

$\mu_{\text{CH}_3\text{OH}} = 946 \cdot 10^{-6}$ Па · с - в'язкість метанолу при температурі 263,15 К [25];

$A = 0$ - коефіцієнт який залежить від типу насадки [22, ст. 105];

$B = 1,75$ - коефіцієнт який залежить від типу насадки [22, ст. 105].

Робоча швидкість газу в абсорбері, м/с:

$$W_p = k_{ш} \cdot W_{гр}. \quad (5,1)$$

де $k_{ш}$ - коефіцієнт швидкості [2].

Діаметр колони, м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot W_p \cdot \rho_{сг}}}, \quad (5,2)$$

де $\rho_{сг}$ - густина синтез-газу при температурі 263,15 К і тиску 5 МПа, кг/м³.

Дійсна робоча швидкість газу в абсорбері, м/с:

$$W_p = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho_{сг}}. \quad (5,3)$$

Швидкість газу в насадці, м/с:

$$W_n = \frac{W_p}{V_c}. \quad (5,4)$$

Щільність зрошення абсорбційної колони, м³/(м² · с):

$$U = \frac{L}{\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho_{CH_3OH}}. \quad (5,5)$$

ρ_{CH_3OH} - густина метанолу при температурі 263,15 К і тиску 5 МПа, кг/м³.

Доля активної поверхні насадки:

$$\Psi_a = \frac{3600 \cdot U}{a \cdot (p + 3600 \cdot q \cdot U)}. \quad (5,6)$$

де p - коефіцієнт який залежить від типу насадки [22];

q - коефіцієнт який залежить від типу насадки [22].

Дифузійний критерій Прандтля для синтез-газу:

$$Pr_y = \frac{\mu_{сг}}{\rho_{сг} \cdot D_y}. \quad (5,7)$$

Дифузійний критерій Прандтля для метанолу:

$$Pr_x = \frac{\mu_{CH_3OH}}{\rho_{CH_3OH} \cdot D_x}. \quad (5,8)$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Критерій Рейнольдса для синтез газу:

$$Re_y = \frac{W_n \cdot d_e \cdot \rho_{CG}}{V_c \cdot \mu_{CG}}. \quad (5,9)$$

Критерій Рейнольдса для метанолу:

$$Re_x = \frac{4 \cdot U \cdot \rho_{CH_3OH}}{a \cdot \mu_{CH_3OH}}. \quad (5,10)$$

Критерії Нусельта для синтез-газу:

$$Nu_y = 0,167 \cdot Re_y^{0,74} \cdot Pr_y^{0,33} \cdot \left(\frac{l}{d_e} \right)^{-0,47} \quad (5,11)$$

де l - висота елемента насадки [2, ст. 317], м.

Критерії Нусельта для метанолу:

$$Nu_x = 0,0021 \cdot Re_x^{0,75} \cdot Pr_x^{0,5}. \quad (5,12)$$

Приведена товщина плівки метанолу що стікає, м:

$$\delta_{пр} = \left(\frac{\mu_{CH_3OH}^2}{\rho_{CH_3OH} \cdot g} \right)^{\frac{1}{3}}. \quad (5,13)$$

Коефіцієнт масовіддачі в синтез-газі, м/с:

$$\beta'_y = \frac{Nu_y \cdot D_y}{d_e}. \quad (5,14)$$

Коефіцієнт масовіддачі в метанолі, м/с:

$$\beta'_x = \frac{Nu_x \cdot D_x}{\delta_{пр}}. \quad (5,15)$$

Виразимо коефіцієнт масовіддачі в обраній для розрахунку розмірності, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$:

$$\beta_y = \beta'_y \cdot \rho_{CG}; \quad (5,16)$$

$$\beta_x = \beta'_x \cdot \rho_{CH_3OH}. \quad (5,17)$$

Коефіцієнт масопередачі в абсорбері по газовій фазі, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$:

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}}. \quad (5,18)$$

Поверхня масообміну, м^2 :

$$F = \frac{L \cdot (\overline{X_k} - \overline{X_n})}{K_y \cdot \Delta Y_{\text{сеп}}}. \quad (5,19)$$

Частина розрахунку ведеться за допомогою програми, на мові “Mathcad 16” приведеної в додатку Б. Головні результати якого наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати розрахунку

Величина	Коефіцієнт швидкості k_{ui}		
	0,7	1,0	1,4
Робоча швидкість газу в абсорбері W_p , м/с	0,213	0,305	0,427
Діаметр колони D , м	0,6	0,5	0,4
Доля активної поверхні насадки ψ_a	0,659	0,667	0,673
Дифузійний критерій Прандтля для синтез-газу Pr_y	0,011	0,011	0,011
Дифузійний критерій Прандтля для метанолу Pr_x	1098,079	1098,079	1098,079
Критерій Рейнольдса для синтез газу Re_y	50353,686	72509,308	113295,794
Критерій Рейнольдса для метанолу Re_x	130,853	188,429	294,42
Критерії Нусельта для синтез-газу Nu_y	56,454	73,953	102,893
Критерії Нусельта для метанолу Nu_x	2,692	3,532	4,946
Коефіцієнт масовіддачі в синтез-газі β_y кг/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$)	3,509	4,596	6,395
Коефіцієнт масовіддачі в метанолі β_x кг/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$)	$4,822 \cdot 10^{-3}$	$6,339 \cdot 10^{-3}$	$8,859 \cdot 10^{-3}$

Продовження таблиці 5.2.

Величина	Коефіцієнт швидкості k_{ui}		
	0,7	1,0	1,4
Коефіцієнт масопередачі в абсорбері по газовій фазі K_y , $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	0,17	0,223	0,312
Поверхня масообміну F , м^2	63,068	47,986	34,343

Висновок: в результаті розрахунку поверхні контакту було визначено, що найбільш оптимальним режимом роботи насадкового абсорбера є при високих швидкостях, що дозволить підвищити коефіцієнт масопередачі, що в свою чергу зменшить необхідну поверхню абсорбера і в результаті габарити апарата. Тому обираємо варіант з найбільшою швидкістю для якого діаметр колони - 0,4 м, дійсна робоча швидкість газу в абсорбері - 0,451 м/с, швидкість газу в насадці - 0,819 м/с, щільність зрошення абсорбційної колони - $8,495 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, доля активної поверхні насадки 0,673, поверхню масообміну - 34,343 м^2 .

5.3 Розрахунок циклона

Вихідні дані:

масова витрата синтез-газу G , кг/с	3,048;
густина синтез-газу $\rho_{\text{сг}}$, кг/м^3	53,834;
густина метанолу $\rho_{\text{CH}_3\text{OH}}$, кг/м^3	819,7;
в'язкість синтез-газу $\mu_{\text{сг}}$, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$1,557 \cdot 10^{-5}$;
діаметр частинок які уловлюються d_q , мм :	$10 \cdot 10^{-6}$.

Метою розрахунку є визначення геометричних розмірів апарату. Розрахунок виконано за методикою для забезпечення уловлювання частинок заданим діаметром. [28, ст. 24]. Схема циклона наведена на рисунку 5.5.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

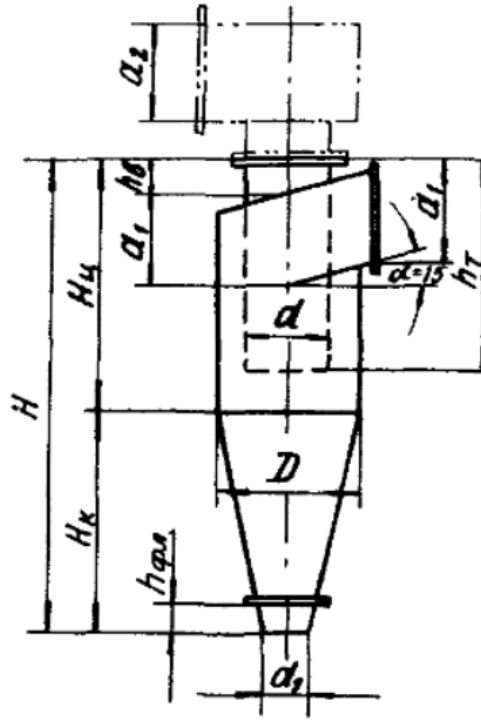


Рисунок 5.5 – Схема циклона

Обираємо для розрахунки циклон конструкції НІІОГАЗ, типу ЦН-15У. Згідно з рекомендацій [28] приймаємо оптимальну швидкість газу в циклоні $W_{\text{опт}} = 3,5 \text{ м/с}$.

Об'ємна витрата синтез-газу, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$V_y = \frac{G}{\rho_{\text{сг}}} = \frac{3,048}{53,834} = 0,057.$$

Загальна площа циклона, м^3 :

$$F_{\text{ц}} = \frac{V_y}{W_{\text{опт}}} = \frac{0,057}{3,5} = 0,016.$$

Діаметр циклона, м:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ц}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,016}{3,14}} = 0,144.$$

Приймаємо значення діаметра $D_{\text{ц}} = 0,15 \text{ м}$.

Дійсна швидкість газу в циклоні, м/с :

$$W_{\text{ц}} = \frac{4 \cdot V_y}{\pi \cdot D_{\text{ц}}^2} = \frac{4 \cdot 0,016}{3,14 \cdot 0,15^2} = 3,227.$$

Діаметр частинок, що уловлюються на 50%, м:

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{ц}} \cdot \rho^T \cdot \mu_{\text{сг}} \cdot W^T}{D_{\text{ц}}^T \cdot \rho_{\text{CH}_3\text{OH}} \cdot \mu^T \cdot W_{\text{ц}}}} = 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{0,15 \cdot 1930 \cdot 1,557 \cdot 10^{-5} \cdot 3,5}{0,6 \cdot 819,7 \cdot 22,2 \cdot 10^{-6} \cdot 3,227}} = 3,011 \cdot 10^{-6},$$

де $d_{50}^T = 4,5 \cdot 10^{-6}$ м - діаметр частинок, що уловлюються на 50% за стандартних умов [28];

$D_{\text{ц}}^T = 0,6$ м - діаметр циклона за стандартних умов [28];

$\rho^T = 1930$ кг/м³ - густина частинок за стандартних умов [28];

$\mu^T = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Па·с - в'язкість газу за стандартних умов [28];

$W^T = 3,5$ м/с - швидкість газу в циклоні за стандартних умов [28].

Параметр для знаходження значення нормальної функції розподілу:

$$X = \frac{\lg\left(\frac{d_{\text{ч}}}{d_{50}}\right)}{\sqrt{\lg(\sigma_{\eta})^2 + \lg(\sigma_{\text{ч}})^2}} = \frac{\lg\left(\frac{10 \cdot 10^{-6}}{3,011 \cdot 10^{-6}}\right)}{\sqrt{0,283^2 + 0,152^2}} = 1,627,$$

де $\lg(\sigma_{\eta}) = 0,283$ - величина що характеризує дисперсію частинок для даного типу циклону [28];

$\lg(\sigma_{\text{ч}}) = 0,152$ - величина що характеризує дисперсію для частинок що осаджуються [28].

Для даного параметру значення нормальної функції розподілу [28]:

$$\Phi(x) = 0,95.$$

Повний коефіцієнт очищення газу, %:

$$\eta = 50[1 + \Phi(x)] = 50[1 + 0,95] = 97,5.$$

Основні розміри циклону зображені на рисунку 5.6 [28].

D	d	d_1	b	b_1	a_1	b_2	a_2	l_1	l_2	h_T	h_b	$h_{\phi l}$	$H_{\text{ц}}$	$H_{\text{к}}$
0,15	0,09	0,06	0,03	0,04	0,1	0,04	0,1	0,1	0,1	0,226	0,046	0,016	0,226	0,226
0,2	0,12	0,08	0,04	0,52	0,132	0,52	0,132	0,12	0,12	0,3	0,06	0,02	0,302	0,3

Рисунок 5.6 – Основні розміри циклону типу ЦН-15У, мм

Гідравлічний опір циклона, Па:

$$\Delta P_{\text{ц}} = \xi_{\text{ц}} \cdot \frac{W_{\text{ц}}^2 \cdot \rho_{\text{сг}}}{2} = 70 \cdot \frac{3,227^2 \cdot 53,834}{2} = 16677,907,$$

де $\xi_{\text{ц}} = 70$ - коефіцієнт супротиву [29].

Висновок: в результаті розрахунку був обраний циклон типу ЦН-15У, з діаметром - 0,15 м і висотою - 0,452 м і з гідравлічним опором - 16677,907 Па. Коефіцієнт очищення газу для якого - 97,5%, що задовольняє поставлену задачу.

5.4 Розрахунок висоти абсорбера

Вихідні дані:

поверхню масообміну F , м ²	34,2;
діаметр колони D , м	0,4;
питома поверхня насадки a , м ² /м ³	100;
щільність зрошення абсорбційної колони U , м ² · с	$8,495 \cdot 10^{-3}$;
доля активної поверхні насадки ψ_a	0,663;
висота елемента насадки l , м	0,1;
висота циклону $H_{\text{ц}}$, м	0,452.

Метою розрахунку є визначення висоти абсорбера. Розрахунок виконано за методикою [22, ст. 107]. Розрахункова схема абсорбера для визначення висоти наведена на рисунку 5.7.

Висота насадки, необхідної для забезпечення розрахованої поверхні, м:

$$H = \frac{F}{0,785 \cdot a \cdot D^2 \cdot \psi_a} = \frac{34,343}{0,785 \cdot 100 \cdot 0,4^2 \cdot 0,673} = 4,063.$$

Для уніфікації колони, приймаємо висоту насадки, м:

$$H = 4,2.$$

Висота насадкової частини абсорбера, м:

$$H_{\text{н}} = H + 0,45 \cdot \left(\frac{H}{k \cdot l} - 1 \right) = 4,2 + 0,45 \cdot \left(\frac{4,2}{21 \cdot 0,1} - 1 \right) = 4,65,$$

де $k = 21$ шт. - решіток в ярусі насадки.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

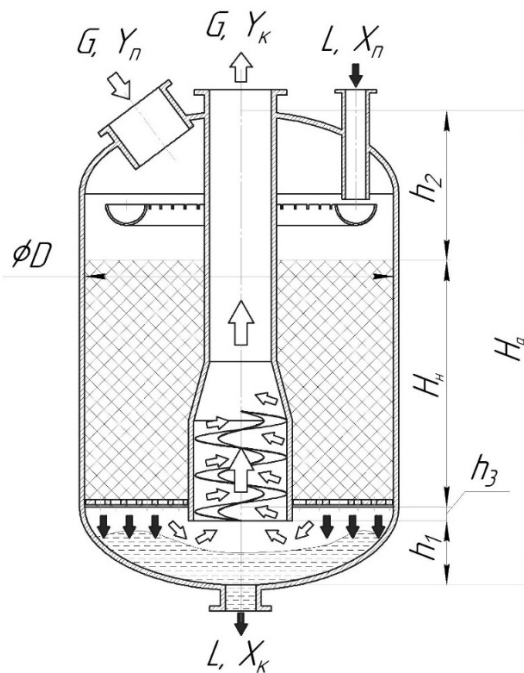


Рисунок 5.7 – Розрахункова схема абсорбера для визначення висоти абсорбера

Загальна висота абсорбера, м:

$$H_a = H_n + H_c + h_1 + h_2 + h_3 = 4,65 + 0,452 + 0,05 + 0,75 + 0,598 = 6,5,$$

де $h_1 = 0,5$ м - висота від шару циклону до нижньої кришки абсорбера, прийнято згідно з рекомендаціями [22]:

$$h_1 = 1,25 \cdot D = 1,25 \cdot 0,4 = 0,5;$$

$h_2 = 0,75$ м - висота від шару насадки до верхньої кришки абсорбера, прийнято згідно з рекомендаціями [2];

$h_3 = 0,598$ м - висота від шару насадки до циклону, прийнята конструктивно.

Висновок: в результаті розрахунку висоти абсорбера було визначено, висоту насадки - 4,2 м, висоту насадкової частини абсорбера - 4,65 м, загальну висоту абсорбера - 6,676 м.

5.5 Розрахунок гідравлічного опору абсорбера

Вихідні дані:

критерій Рейнольдса для синтез газу Re_y

113309,693;

висота насадки H , м

4,045;

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

еквівалентний діаметр насадки d_e , м	0,022;
швидкість газу в насадці W_n , м/с	0,819;
густина синтез-газу ρ_{CG} , кг/м ³	53,834;
щільність зрошення абсорбційної колони U , м ² · с	$8,495 \cdot 10^{-3}$.
гідравлічний опір циклона $\Delta P_{\text{цик}}$, Па	16677,907.

Метою розрахунку є визначення гідравлічного опору абсорбера з насадкою.
Розрахунок виконано за методикою [22, ст. 107-108].

Коефіцієнт супротиву хордової насадки:

$$\lambda = \frac{6,64}{Re_y^{0,375}} = \frac{6,64}{113309,693^{0,375}} = 0,084.$$

Гідравлічний опір сухої насадки, Па:

$$\Delta P_c = \lambda \cdot \frac{H}{d_e} \cdot \frac{W_n^2}{2} \cdot \rho_{CG} = 0,084 \cdot \frac{4,045}{0,022} \cdot \frac{0,819^2}{2} \cdot 53,834 = 280,68.$$

Гідравлічний опір зрошеної насадки, Па:

$$\Delta P_{\text{зн}} = \Delta P_c \cdot 10^{b \cdot U} = 280,68 \cdot 10^{119 \cdot 8,495 \cdot 10^{-3}} = 2877,857,$$

де $b = 119$ - коефіцієнт який залежить від типу насадки [22, ст. 108].

Остаточний гідравлічний опір, Па

$$\Delta P = \Delta P_{\text{зн}} + \Delta P_{\text{ц}} = 2877,857 + 16677,907 = 19555,764.$$

Висновок: в результаті розрахунку висоти гідравлічного опору абсорберу було визначено, гідравлічний опір зрошеної насадки - 12110,388 Па.

5.6 Розрахунок діаметрів патрубків абсорбера

Вихідні дані:

масова витрата метанолу L , кг/с	0,875;
масова витрата синтез-газу G , кг/с	3,048;
густина синтез-газу ρ_{CG} , кг/м ³	53,834;
густина метанолу ρ_{CH_3OH} , кг/м ³	819,7.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою розрахунку є визначення діаметрів патрубків штуцерів. Розрахунок виконано за методикою [30]. Розрахункову схему для визначення діаметрів патрубків наведено на рисунку 5.8.

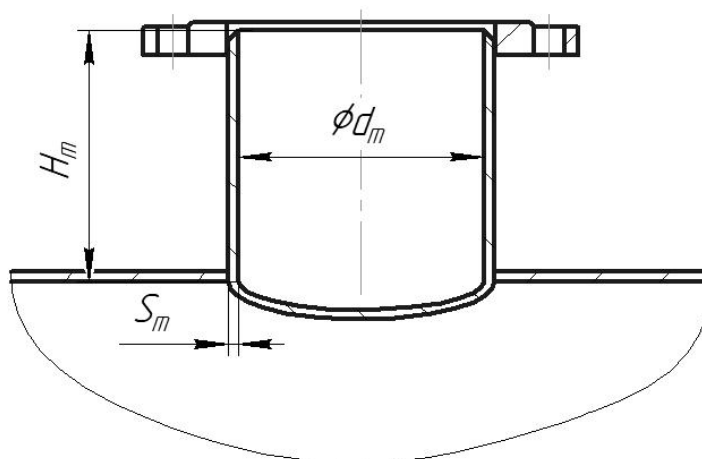


Рисунок 5.8 – Розрахункова схема для визначення діаметрів патрубків
Виконавчий діаметр патрубків штуцерів підведення і відведення газу, м:

$$d_{\text{ш}}^y = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho_{\text{сг}} \cdot \omega_y}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,048}{3,14 \cdot 53,834 \cdot 15}} = 0,069,$$

де $\omega_y = 15$ м/с - швидкість газу в трубопроводі, прийнято згідно з рекомендацією [30, ст. 17].

Виконавчий діаметр патрубків штуцерів підведення і відведення газу, м:

$$d_{\text{ш}}^y = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho_{\text{сг}} \cdot \omega_y}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,048}{3,14 \cdot 53,834 \cdot 15}} = 0,069,$$

де $\omega_y = 15$ м/с - швидкість газу в трубопроводі, прийнято згідно з рекомендацією [30, ст. 17].

Обираємо штуцер з патрубком 80-6,3-2-2-120 АТК 24.218.06-90, $d_t = 0,080$, $S_t = 0,005$, $H_t = 0,120$.

Виконавчий діаметр патрубків штуцерів підведення і відведення газу, м:

$$d_{\text{ш}}^x = \sqrt{\frac{4 \cdot L}{\pi \cdot \rho_{\text{CH}_3\text{OH}} \cdot \omega_x}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,875}{3,14 \cdot 819,7 \cdot 0,5}} = 0,052,$$

де $\omega_x = 0,5$ м/с - швидкість рідини в трубопроводі, прийнято згідно з рекомендацією [30, ст. 17].

					ЛН51.066274.001 ПЗ	53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обираємо штуцер з патрубком 50-6,3-2-2-120 АТК 24.218.06-90, $d_t^x = 0,050$,
 $S_t^x = 0,004$, $H_t^x = 0,120$.

Висновок: розраховано та обрано штуцера з патрубками для подачі газу та рідини до абсорбера.

5.7 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки

Вихідні дані:

діаметр колони D , м	0,4;
температура в апараті T , К	263,15;
робочий тиск P , Па	$5 \cdot 10^6$;
термін експлуатації апарату τ , рік	25;
матеріал з якого виготовлений апарат	20Х13.

Метою розрахунку є визначення товщини стінки циліндричної обичайки під дією внутрішнього тиску. Розрахунок виконано за методикою [31]. Розрахункову схему для визначення товщини стінки циліндричної обичайки наведено на рисунку 5.9.

Температура в апараті, $^{\circ}\text{C}$:

$$t = T - T_0 = 263,15 - 273,15 = -10,$$

де $T_0 = 273,15$ К - температура за нормальних умов.

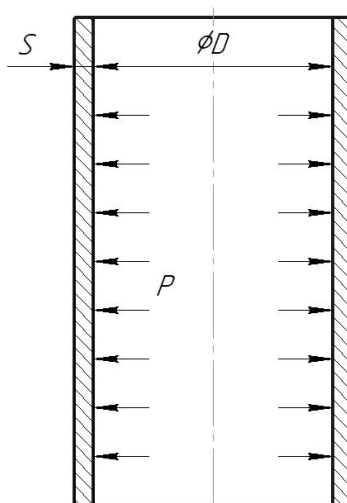


Рисунок 5.9 – Розрахункова схема для визначення товщини стінки циліндричної обичайки

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Оскільки температура в апараті, °С :

$$t \leq 20,$$

тоді приймаємо розрахункову температуру [31], °С :

$$t_R = 20.$$

Розрахунковий тиск, МПа:

$$P_R = P = 5.$$

Допустиме напруження, МПа:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n_T} = \frac{510}{1,5} = 340,$$

де $\sigma_T = 510$ МПа - границя плинності для сталі 20Х13 при розрахунковій температурі [32];

$n_T = 1,5$ - коефіцієнт запасу міцності за границею плинності [31].

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки, м:

$$S_R = \frac{P_R \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_R} = \frac{5 \cdot 0,4}{2 \cdot 340 \cdot 1 - 5} = 2,963 \cdot 10^{-3},$$

де $\varphi = 1$ - розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва [31].

Швидкість корозії для сталі 20Х13 [32], м/рік:

$$v_{\text{кор}} = 5 \cdot 10^{-5}.$$

Оскільки швидкість корозії, м/рік:

$$v_{\text{кор}} \geq 5 \cdot 10^{-5},$$

то додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії, м:

$$C_1 = v_{\text{кор}} \cdot \tau + C_e = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 25 + 0 = 1,25 \cdot 10^{-3},$$

де $C_e = 0$ м - додаток який враховувати при переміщенні в апараті рідких середовищ зі швидкостями більше 20 м/с, газоподібних – більше 100 м/с.

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому наближенні, м:

$$S^1 = S_R + C_1 + C_0 = 2,963 \cdot 10^{-3} + 1,25 \cdot 10^{-3} + 1,787 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-3},$$

де $C_0 = 1,787 \cdot 10^{-3}$ м - додаток до найближчої стандартної товщини обичайки [31].

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску [31],

м:

$$C_2 = 2,3 \cdot 10^{-4}.$$

Технологічний додаток до розрахункової товщини [31], м:

$$C_3 = 0.$$

Відношення суми додатків C_2 і C_3 до товщини S^1 :

$$\frac{C_2 + C_3}{S^1} = \frac{2,3 \cdot 10^{-4} + 0}{5 \cdot 10^{-3}} = 0,046 < 0,05.$$

Тоді сума додатків до розрахункової товщини:

$$C = C_1 = 1,25 \cdot 10^{-3}.$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки, м:

$$S = S_R + C + C_0 = 2,963 \cdot 10^{-3} + 1,25 \cdot 10^{-3} + 1,787 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-3},$$

де $C_0 = 1,787 \cdot 10^{-3}$ м - додаток до найближчої стандартної товщини обичайки [31].

Перевірка умов застосування розрахункових формул:

$$\frac{S + C}{D} = \frac{6 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3}}{0,4} = 0,012 < 0,1.$$

Умова виконується.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 340 \cdot 1 \cdot (6 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3})}{0,4 + 6 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3}} = 8,088.$$

Перевірка умови міцності:

$$[P_R] \leq [P],$$

$$5 < 8,088.$$

Умова виконується, міцність забезпечена.

Висновок: розраховано товщину циліндричної обичайки для забезпечення умов міцності - $6 \cdot 10^{-3}$ м.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

5.8 Розрахунок товщини стінки еліптичного днища

Вихідні дані:

діаметр колони D , м	0,4;
розрахункова температура t_R , °C	20;
розрахунковий тиск P_R , Па	$5 \cdot 10^6$;
термін експлуатації апарату τ , рік	25;
матеріал з якого виготовлений апарат	20X13;
допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	340;
швидкість корозії $v_{\text{кор}}$, мм/рік	$5 \cdot 10^{-5}$.

Метою розрахунку є визначення товщини стінки еліптичного днища під дією внутрішнього тиску. Розрахунок виконано за методикою [31]. Розрахункову схему для визначення товщини стінки еліптичного днища наведено на рисунку 5.10.

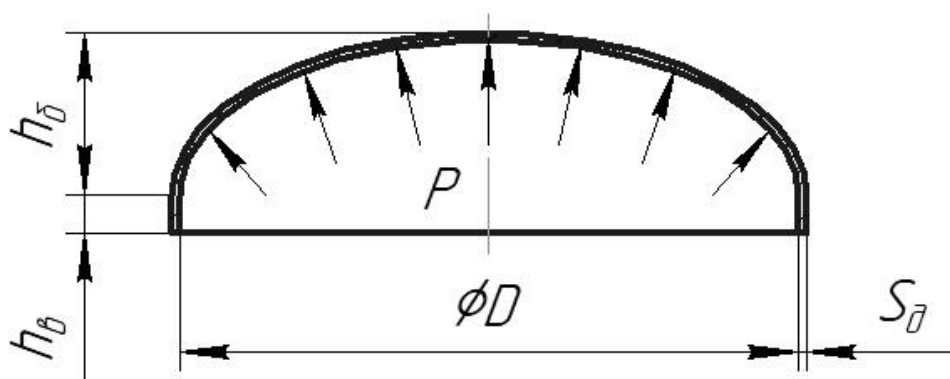


Рисунок 5.10 – Розрахункова схема для визначення товщини еліптичного днища

Для стандартних еліптичного днища, внутрішній радіус кривизни у вершині, м:

$$R_e = D = 0,4.$$

Розрахункова товщина стінки еліптичного днища, м:

$$S_{dR} = \frac{P_R \cdot R_e}{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi - 0,5 \cdot P_R} = \frac{5 \cdot 0,4}{2 \cdot 340 \cdot 1 - 0,5 \cdot 5} = 2,952 \cdot 10^{-3},$$

де $\phi = 1$ - розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва [31].

Оскільки швидкість корозії, м:

$$v_{\text{кор}} \geq 5 \cdot 10^{-5},$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

то додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії, м:

$$C_1 = v_{\text{кор}} \cdot \tau + C_e = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 25 + 0 = 1,25 \cdot 10^{-3},$$

де $C_e = 0$ м - додаток який враховувати при переміщенні в апараті рідких середовищ зі швидкостями більше 20 м/с, газоподібних – більше 100 м/с.

Виконавча товщина стінки еліптичного днища у першому наближенні, м:

$$S^1 = S_{\text{дR}} + C_1 + C_0 = 2,952 \cdot 10^{-3} + 1,25 \cdot 10^{-3} + 1,798 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-3},$$

де $C_0 = 1,798 \cdot 10^{-3}$ м - додаток до найближчої товщини стандартного днища [31].

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску [31], м:

$$C_2 = 2,3 \cdot 10^{-4}.$$

Технологічний додаток до розрахункової товщини [31], м:

$$C_3 = 0.$$

Відношення суми додатків C_2 і C_3 до товщини S^1 :

$$\frac{C_2 + C_3}{S^1} = \frac{2,3 \cdot 10^{-4} + 0}{5 \cdot 10^{-3}} = 0,046 < 0,05.$$

Тоді сума додатків до розрахункової товщини, м:

$$C = C_1 = 1,25 \cdot 10^{-3}.$$

Виконавча товщина стінки еліптичного днища, м:

$$S_{\text{д}} = S_{\text{дR}} + C + C_0 = 2,952 \cdot 10^{-3} + 1,25 \cdot 10^{-3} + 1,798 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-3},$$

де $C_0 = 1,798 \cdot 10^{-3}$ м - додаток до найближчої товщини стандартного днища [31].

Висота еліптичного днища, м:

$$h_{\text{д}} = 0,25 \cdot D = 0,1.$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул:

$$\frac{S_{\text{д}} + C}{D} = \frac{6 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3}}{0,4} = 0,012$$

$$0,002 < 0,012 < 0,1,$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{h_d}{D} = \frac{0,1}{0,4} = 0,25$$

$$0,2 < 0,25 < 0,5.$$

Умови виконується.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi \cdot (S - C)}{R_e + 0,5 \cdot (S - C)} = \frac{2 \cdot 234 \cdot 1 \cdot (6 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3})}{0,4 + 0,5 \cdot (6 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3})} = 8,082.$$

Перевірка умови міцності:

$$[P_R] \leq [P],$$

$$5 < 8,082.$$

Умова виконується, міцність забезпечена.

Висновок: розраховано товщину еліптичного днища для забезпечення умов міцності - $6 \cdot 10^{-3}$ м.

5.9 Розрахунок товщини теплоізоляційного шару

Вихідні дані:

діаметр колони D , м	0,4;
товщина стінки циліндричної обичайки S , м	$6 \cdot 10^{-3}$;
температура в апараті t , °C	-10;
матеріал з якого виготовлена ізоляція	базальт марки БЗМ.

Метою розрахунку є визначення товщини теплоізоляційного шару з метою запобігання конденсації вологи на поверхні апарата та забезпечення допустимої температури на поверхні ізоляції. Розрахунок виконано за методикою [6, ст. 98]. Розрахункова схема до визначення товщини теплоізоляційного шару наведена на рисунку 5.11.

Зовнішній діаметр апарата, м:

$$D_3 = D + 2 \cdot S = 0,4 + 2 \cdot (6 \cdot 10^{-3}) = 0,412.$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

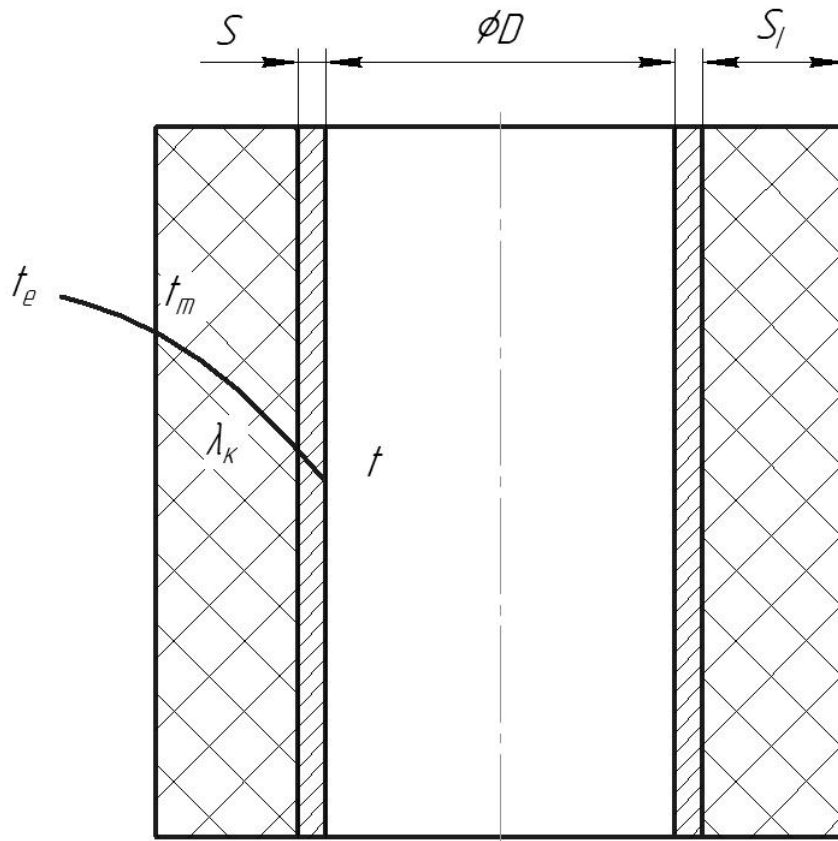


Рисунок 5.11 – Розрахункова схема до визначення товщини теплоізоляційного шару

Середня температура теплоізоляційного шару, °С:

$$t_{\tau} = \frac{(t + 50)}{2} = \frac{(-10 + 50)}{2} = 20.$$

Теплопровідність теплоізоляційного шару, Вт/(м·К):

$$\lambda_k = 0,04 + 0,0003 \cdot t_{\tau} = 0,04 + 0,0003 \cdot 20 = 0,046.$$

Коефіцієнт для знаходження товщини теплової ізоляції знаходиться з рівняння:

$$\begin{aligned} B \cdot \ln(B) &= \frac{2 \cdot \lambda_k}{\alpha_e \cdot D_3} \cdot \left(\frac{t_e - t}{t_e - t_i} - 1 \right) = \\ &= \frac{2 \cdot 0,046}{7 \cdot 0,412} \cdot \left(\frac{20 - (-10)}{3,6} - 1 \right) = 0,234, \end{aligned}$$

де $t_e = 20$ °С - температура оточуючого середовища в приміщенні;

$t_e - t_i = 3,6$ °С - розрахунковий перепад температур [6, ст. 83].

					ЛН51.066274.001 ПЗ	60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розв'язавши це рівняння, отримуємо що:

$$B = 1,213.$$

Товщина теплоізоляційного шару, м:

$$S_{li} = \frac{D_3}{2} \cdot (B - 1) = \frac{0,412}{2} \cdot (1,213 - 1) = 0,045.$$

Остаточна товщина теплоізоляційного шару з урахуванням ущільнення матеріалу, м:

$$S'_i = S_{li} \cdot K_c \cdot \frac{D_3 + S_{li}}{D_3 + 2 \cdot S_{li}} = 0,045 \cdot 1,5 \cdot \frac{0,412 + 0,045}{0,412 + 2 \cdot 0,045} = 0,061,$$

де $K_c = 1,5$ - коефіцієнт ущільнення [6, ст. 75].

Остаточна товщина теплоізоляційного шару, згідно [6, ст. 16], м:

$$S_i = 0,08.$$

Висновок: було розраховано товщину теплоізоляційного шару з метою запобігання конденсації вологи на поверхні апарата. Товщина теплоізоляційного шару 0,08 м.

5.10 Розрахунок фланцевого з'єднання

Метою розрахунку є вибір та перевірочний розрахунок фланців для забезпечення з'єднання корпусу апарата з кришкою, а також герметичність з'єднання. Розрахунок виконано за методикою [33]

На підставі проведених розрахунків вибираємо стандартний фланець згідно [33] і знаючи його геометричні параметри, а також механічні властивості матеріалу фланців [32] та матеріалу болтів [35] напишемо початкові дані для перевірочного розрахунку фланцевого з'єднання.

Вихідні дані:

розрахунковий тиск P_R , Па	$5 \cdot 10^6$;
розрахункова температура t_R , °C	20;
діаметр фланця D_ϕ , м	0,535;
діаметр болтового кола, D_B , м	0,495;

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

менша товщина втулки фланця S_0 , м	$9 \cdot 10^{-3}$
більша товщина втулки фланця S_1 , м	$20 \cdot 10^{-3}$
довжина втулки фланця l , м	$40 \cdot 10^{-3}$
товщина верхнього фланця $h_{\phi 1}$, м	$40 \cdot 10^{-3}$;
товщина нижнього фланця $h_{\phi 2}$, м	$35 \cdot 10^{-3}$;
зовнішній діаметр прокладки D_n , м	0,457;
ширина прокладки b , м	$15 \cdot 10^{-3}$;
товщина прокладки, h , м	$3 \cdot 10^{-3}$;
матеріал прокладки	азбест з оболонкою із сталі 12X18H10T;
коефіцієнт m	3,75;
допустиме питоме навантаження q , МПа	63;
матеріал фланців	20X13;
допустиме напруження фланців за умов монтажу $[\sigma_\phi]^{20}$, МПа	340;
допустиме напруження фланців за робочих умов $[\sigma_\phi]^t$, МПа	340;
модуль пружності фланців E_ϕ	$2,18 \cdot 10^5$;
коефіцієнт відносного лінійного розширення α_ϕ^t , K^{-1}	$10,1 \cdot 10^{-6}$;
сума додатків до розрахункової товщини C , м	$1,25 \cdot 10^{-3}$;
коефіцієнт зварного шва ϕ	1;
кількість болтів z_b	24;
діаметр болтів d_b , м	$22 \cdot 10^{-3}$;
діаметр різьби болтів d_o , м	$19,29 \cdot 10^{-3}$;
матеріал болтів	35X;

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

допустиме напруження болтів за умов монтажу $[\sigma_B]^{20}$, МПа	320;
допустиме напруження болтів за робочих умов $[\sigma_B]^t$, МПа	320;
модуль пружності болтів E_B	$2,14 \cdot 10^5$;
коефіцієнт відносного лінійного розширення α_B^t , K^{-1}	$11,3 \cdot 10^{-6}$.

Схема фланцевого з'єднання наведена на рисунок 5.12.

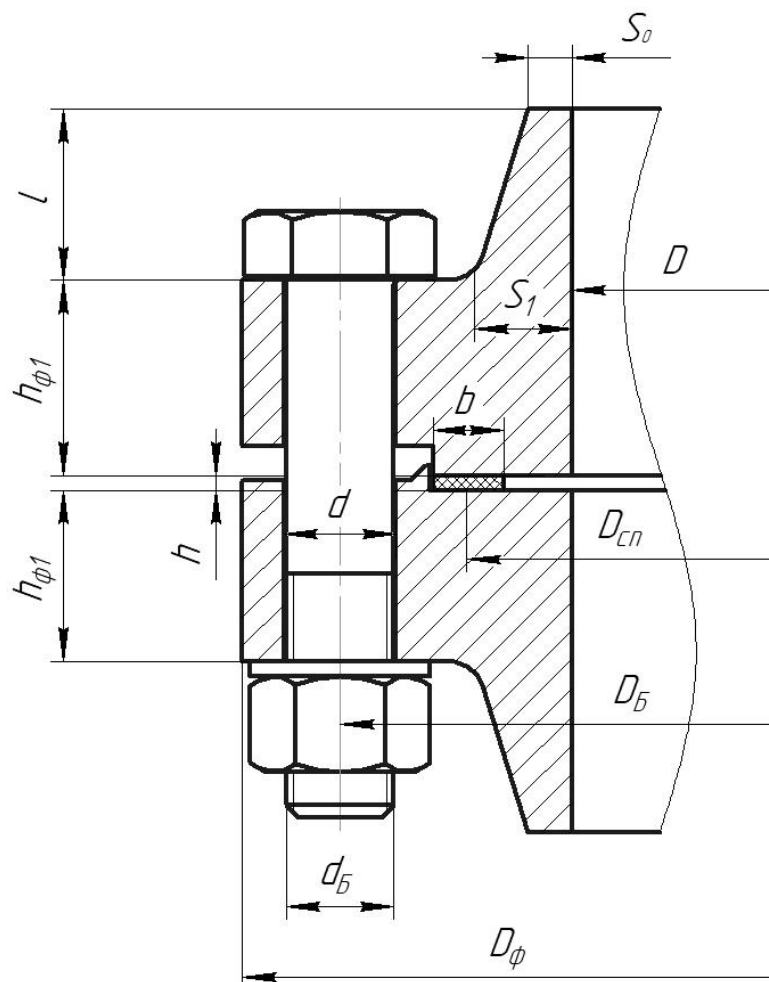


Рисунок 5.12 – Схема фланцевого з'єднання

Відношення більшої товщини втулки до меншої:

$$\beta = \frac{S_1}{S_0} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = 2,222.$$

Середній діаметр прокладки, м:

$$D_{cn} = D_n - b = 0,457 - 15 \cdot 10^{-3} = 0,442.$$

Оскільки:

$$b \leq 0,015,$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

то ефективна ширина прокладки, м:

$$b_E = 0,5 \cdot b = 0,5 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 7,5 \cdot 10^{-3}.$$

Конструктивний коефіцієнт для фланця:

$$K_\phi = \frac{D_\phi}{D} = \frac{0,535}{0,4} = 1,337.$$

Коефіцієнт зони впливу:

$$x = \frac{l}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{35 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{0,4 \cdot 9 \cdot 10^{-3}}} = 0,583.$$

Коефіцієнт приведення товщини втулки:

$$\chi = 1 + (\beta - 1) \cdot \frac{x}{x + \frac{(1 + \beta)}{4}} = 1 + (2,222 - 1) \cdot \frac{0,583}{0,583 + \frac{(1 + 2,222)}{4}} = 1,513.$$

Еквівалентна товщина втулки, м:

$$S_E = \chi \cdot S_0 = 1,513 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 0,014.$$

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{D \cdot S_E}} = \frac{40 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{0,4 \cdot 0,014}} = 0,542,$$

$$\lambda_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{\sqrt{D \cdot S_E}} = \frac{35 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{0,4 \cdot 0,014}} = 0,474.$$

Поправочний коефіцієнт для фланців:

$$\psi_{1\phi} = 1,28 \cdot \lg(K_\phi) = 1,28 \cdot \lg(1,337) = 0,162.$$

Поправочний коефіцієнт для фланців:

$$\psi_{2\phi} = \frac{(K_\phi + 1)}{(K_\phi - 1)} = \frac{(1,337 + 1)}{(1,337 - 1)} = 6,926.$$

Оскільки за [33, ст. 28]:

$$f(\beta, x) \leq 0,$$

то поправочний коефіцієнт для перерізу S_0 :

$$\psi_{3\phi} = 1.$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри фланців:

$$j_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{S_E} = \frac{40 \cdot 10^{-3}}{0,014} = 2,937,$$

$$j_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{S_E} = \frac{35 \cdot 10^{-3}}{0,014} = 2,57.$$

Безрозмірний параметр фланців:

$$T_{\phi} = \frac{K_{\phi}^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg(K_{\phi})) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K_{\phi}^2) \cdot (K_{\phi} - 1)} = \frac{1,337^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg(1,337)) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,337^2) \cdot (1,337 - 1)} = 1,78.$$

Безрозмірні параметри фланців:

$$\omega_{\phi 1} = \left[1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1} \cdot (1 + \psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 1}^2) \right]^{-1} = \left[1 + 0,9 \cdot 0,542 \cdot (1 + 0,162 \cdot 2,937^2) \right]^{-1} = 0,461,$$

$$\omega_{\phi 2} = \left[1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2} \cdot (1 + \psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 2}^2) \right]^{-1} = \left[1 + 0,9 \cdot 0,474 \cdot (1 + 0,162 \cdot 2,57^2) \right]^{-1} = 0,531.$$

Кутова піддатливість фланців, $1/(\text{МН} \cdot \text{м})$:

$$y_{\phi 1} = \frac{\left[1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1}) \right] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 1}^3 \cdot E_{\phi}} = \frac{\left[1 - 0,461 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,542) \right] \cdot 6,926}{(40 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 2,18 \cdot 10^{-3}} = 0,156,$$

$$y_{\phi 2} = \frac{\left[1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2}) \right] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 2}^3 \cdot E_{\phi}} = \frac{\left[1 - 0,531 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,474) \right] \cdot 6,926}{(35 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 2,18 \cdot 10^{-3}} = 0,179.$$

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання, м:

$$L_B = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + h + 0,28 \cdot d_B = 40 \cdot 10^{-3} + 35 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 10^{-3} + 0,28 \cdot 22 \cdot 10^{-3} = 0,084.$$

Лінійна піддатливість прокладки для металевої прокладки, м/МН:

$$y_{\pi} = 0.$$

Площа поперечного перерізу болта, м^2 :

$$f_B = 0,785 \cdot d_o^2 = 0,785 \cdot (19,29 \cdot 10^{-3})^2 = 2,921 \cdot 10^{-4}.$$

Лінійна піддатливість болта, м/МН:

$$y_B = \frac{L_B}{(E_B \cdot f_B \cdot z_B)} = \frac{0,084}{(2,14 \cdot 10^5 \cdot 2,921 \cdot 10^{-4} \cdot 24)} = 5,61 \cdot 10^{-5}.$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Параметри жорсткості фланцевого з'єднання:

$$A_{\phi} = \left[y_{\pi} + y_{\text{Б}} + 0,25 \cdot (y_{\phi 1} + y_{\phi 2}) \cdot (D_{\text{Б}} - D_{\text{сп}})^2 \right]^{-1} = \\ = \left[0 + 5,61 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (0,156 + 0,179) \cdot (0,495 - 0,442)^2 \right]^{-1} = 3431,697.$$

Параметр жорсткості фланця, 1/МН:

$$B_{\phi 1} = y_{\phi 1} \cdot (D_{\text{Б}} - D - S_{\text{Е}}) = 0,156 \cdot (0,495 - 0,4 - 0,014) = 0,013,$$

$$B_{\phi 2} = y_{\phi 2} \cdot (D_{\text{Б}} - D - S_{\text{Е}}) = 0,179 \cdot (0,495 - 0,4 - 0,014) = 0,015.$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_{\phi} \cdot y_{\text{Б}} = 3431,697 \cdot 5,61 \cdot 10^{-5} = 0,193.$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_{\phi} = A_{\phi} \cdot \left[y_{\text{Б}} + 0,25 \cdot (B_{\phi 1} + B_{\phi 2}) \cdot (D_{\text{Б}} - D_{\text{сп}}) \right] = \\ = 3431,627 \cdot \left[5,61 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (0,013 + 0,015) \cdot (0,495 - 0,442) \right] = 1,432.$$

Рівнодіюча внутрішнього тиску, МН:

$$Q_{\text{д}} = 0,785 \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot P_{\text{Р}} = 0,785 \cdot 0,442^2 \cdot 5 = 0,767.$$

Реакція прокладок в робочих умовах, МН:

$$R_{\pi} = 2 \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{Е}} \cdot m \cdot P_{\text{Р}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,442 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3,75 \cdot 5 = 0,391.$$

Температура фланця, °С:

$$t_{\phi} = t_{\text{Р}} = 20.$$

Температура болтів, °С:

$$t_{\text{Б}} = 0,97 \cdot t_{\text{Р}} = 19,4.$$

Оскільки:

$$\gamma \cdot z_{\text{Б}} \cdot f_{\text{Б}} \cdot E_{\text{Б}} \cdot (\alpha_{\phi}^t \cdot t_{\phi} - \alpha_{\text{Б}}^t \cdot t_{\text{Б}}) = \\ 0,193 \cdot 24 \cdot 2,921 \cdot 10^{-4} \cdot 2,14 \cdot 10^5 \cdot (10,1 \cdot 10^{-6} \cdot 20 - 11,3 \cdot 10^{-6} \cdot 19,4) = -4,973 \cdot 10^{-3} < 0,$$

то зусилля, що виникає від температурної деформації фланцевого з'єднання, МН:

$$Q_{\text{тф}} = 0.$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Зовнішня стискаюча сила, МН:

$$P_3 = (m_d + m_\phi) \cdot g \cdot 10^{-6} = (8,3 + 30,3) \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 3,787 \cdot 10^{-4},$$

де $m_d = 8,3$ кг - маса днища [36];

$m_\phi = 30,3$ кг - маса фланця [33];

$g = 9,81$ м/с² - прискорення вільного падіння.

Зовнішній згинаючий момент, МН·м:

$$M = 0.$$

Монтажні болтові навантаження фланцевого з'єднання за різних умов розрахунку, МН:

$$P'_{Б1} = \pi \cdot D_{сп} \cdot b_E \cdot q = 3,14 \cdot 0,442 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} \cdot 63 = 0,656,$$

$$\begin{aligned} P''_{Б1} &= \alpha_\phi \cdot (Q_d - P_3) + R_\pi + \frac{4 \cdot M}{D_{сп}} = \\ &= 1,432 \cdot (0,767 - 3,787 \cdot 10^{-4}) + 0,391 + \frac{4 \cdot 0}{0,442} = 1,488, \end{aligned}$$

$$P'''_{Б1} = 0,4 \cdot [\sigma_B]^{20} \cdot z_B \cdot f_B = 0,4 \cdot 320 \cdot 24 \cdot 2,921 \cdot 10^{-4} = 0,897.$$

Оскільки:

$$P_R = 5 > 0,6,$$

то розрахункове монтажне болтове навантаження, МН:

$$P_{Б1} = \max \{ P'_{Б1}; P''_{Б1} \} = \max \{ 0,656; 1,488 \} = 1,488.$$

Болтове навантаження за робочих умов, НМ:

$$\begin{aligned} P_{Б2} &= P_{Б1} + (1 - \alpha_\phi) \cdot (Q_d - P_3) + Q_{i\phi} = \\ &= 1,488 + (1 - 1,432) \cdot (0,767 - 3,787 \cdot 10^{-4}) + 0 = 1,157. \end{aligned}$$

Розрахункове навантаження на болти, НМ:

$$P_{Бф} = \max \{ P_{Б1}; P_{Б2} \} = \max \{ 1,488; 1,157 \} = 1,488.$$

Напруження розтягання болтів за робочих умов, МПа:

$$\sigma_B^{20} = \frac{P_{Б1}}{z_B \cdot f_B} = \frac{1,488}{24 \cdot 2,921 \cdot 10^{-4}} = 212,306.$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруження розтягання болтів за умов монтажу, МПа:

$$\sigma'_B = \frac{P_{B2}}{z_B \cdot f_B} = \frac{1,157}{24 \cdot 2,921 \cdot 10^{-4}} = 165,034.$$

Скручуючий момент, що виникає при затягуванні гайок, МН · м :

$$M_{\text{скр}} = f_1 \cdot \frac{P_{B\Phi}}{z_B} \cdot d_B = 0,1 \cdot \frac{1,488}{24} \cdot 22 \cdot 10^{-3} = 1,364 \cdot 10^{-3},$$

де $f_1 = 0,1$ - коефіцієнт тертя матеріалу болтів [35].

Дотичне напруження в болтах, МПа:

$$\tau_B = \frac{M_{\text{скр}}}{0,2 \cdot d_o^3} = \frac{1,364 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot (19,29 \cdot 10^{-3})^3} = 95,037.$$

Еквівалентні напруження в болтах, МПа:

$$\sigma_{BE}^{20} = \sqrt{(\sigma_B^{20})^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{(212,306)^2 + 3 \cdot 95,037^2} = 268,664,$$

$$\sigma_{BE}^t = \sqrt{(\sigma_B^t)^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{(165,34)^2 + 3 \cdot 95,037^2} = 233,093.$$

Умови міцності:

$$\sigma_{BE}^{20} \leq [\sigma_B]^{20}$$

$$268,664 < 320,$$

$$\sigma_{BE}^t \leq [\sigma_B]^t$$

$$233,093 < 320.$$

Умови виконуються, міцність забезпечена.

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за умов монтажу, МН · м :

$$M_{01\Phi} = 0,5 \cdot P_{B1} \cdot (D_B - D_{\text{сп}}) = 0,5 \cdot 1,488 \cdot (0,495 - 0,442) = 0,039.$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за робочих умов, МН · м :

$$M_{02\Phi} = 0,5 \cdot \left[P_{B2} \cdot (D_B - D_{\text{сп}}) + Q_d \cdot (D_{\text{сп}} - D - S_E) \right] \cdot \frac{[\sigma_\Phi]^{20}}{[\sigma_\Phi]^t} =$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$= 0,5 \cdot [1,157 \cdot (0,495 - 0,442) + 0,767 \cdot (0,442 - 0,4 - 0,014)] \cdot \frac{320}{320} = 0,042.$$

Розрахунковий приведений згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця, МН·м:

$$M_{0\phi} = \max \{M_{01}; M_{02}\} = \max \{0,039; 0,042\} = 0,042.$$

Допоміжна великість:

$$\varepsilon = 20 \cdot S_1 = 20 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,4.$$

Оскільки:

$$D \geq \varepsilon$$

$$0,4 = 0,4,$$

то розрахунковий діаметр, м:

$$D^* = D = 0,4.$$

Максимальні напруження в перерізах S_1 фланців від дії згинаючого моменту M_0 , МПа:

$$\sigma_{1\phi 1} = \frac{T_{\phi} \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 1}}{D^* \cdot (S_1 - C)^2} = \frac{1,78 \cdot 0,042 \cdot 0,461}{0,4 \cdot (20 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3})^2} = 242,515,$$

$$\sigma_{1\phi 2} = \frac{T_{\phi} \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 2}}{D \cdot (S_1 - C)^2} = \frac{1,78 \cdot 0,042 \cdot 0,531}{0,4 \cdot (20 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3})^2} = 279,29.$$

Напруження в перерізах S_1 фланців від дії згинаючого моменту M_0 , МПа:

$$\sigma_{0\phi 1} = \psi_{3\phi} \cdot \sigma_{1\phi 1} = 1 \cdot 242,515 = 242,515,$$

$$\sigma_{0\phi 2} = \psi_{3\phi} \cdot \sigma_{1\phi 2} = 1 \cdot 279,29 = 279,29.$$

Кільцеві напруження в дисках фланців від дії згинаючого моменту M_0 , МПа:

$$\begin{aligned} \sigma_{\kappa\phi 1} &= \frac{M_{0\phi} \cdot [1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 1}^2} = \\ &= \frac{0,042 \cdot [1 - 0,461 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,542)] \cdot 6,926}{0,4 \cdot (40 \cdot 10^{-3})^2} = 141,025, \end{aligned}$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

$$\sigma_{\kappa\phi 2} = \frac{M_{0\phi} \cdot \left[1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2}) \right] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 2}^2} =$$

$$\frac{0,042 \cdot \left[1 - 0,531 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,474) \right] \cdot 6,926}{0,4 \cdot (35 \cdot 10^{-3})^2} = 142,108.$$

Еквівалентні напруження в перерізі S_1 фланців, МПа:

$$\sigma_{\text{Еф}1}^{S1} = \sqrt{\sigma_{1\phi 1}^2 + \sigma_{\kappa\phi 1}^2 - \sigma_{1\phi 1} \cdot \sigma_{\kappa\phi 1}} = \sqrt{242,515^2 + 141,025^2 - 242,515 \cdot 141,025} = 210,952,$$

$$\sigma_{\text{Еф}2}^{S1} = \sqrt{\sigma_{1\phi 2}^2 + \sigma_{\kappa\phi 2}^2 - \sigma_{1\phi 2} \cdot \sigma_{\kappa\phi 2}} = \sqrt{279,29^2 + 142,108^2 - 279,29 \cdot 142,108} = 241,885.$$

Кільцеві та меридіональні напруження у втулці фланців від дії внутрішнього тиску, МПа:

$$\sigma_{x\phi 1} = \sigma_{x\phi 2} = \frac{P_R \cdot D}{2 \cdot (S_o - e)} = \frac{5 \cdot 0,4}{2 \cdot (9 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3})^2} = 129,032,$$

$$\sigma_{y\phi 1} = \sigma_{y\phi 2} = \frac{P_R \cdot D}{4 \cdot (S_o - C)} = \frac{5 \cdot 0,4}{4 \cdot (9 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3})^2} = 64,516.$$

Еквівалентні напруження в перерізі S_0 втулки фланців, МПа:

$$\sigma_{\text{Еф}1}^{S0} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1})^2 + \sigma_{x\phi 1}^2 - (\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1}) \cdot \sigma_{x\phi 1}} =$$

$$= \sqrt{(242,515 + 64,516)^2 + 129,032^2 - (242,515 + 64,516) \cdot 129,032} = 267,022,$$

$$\sigma_{\text{Еф}2}^{S0} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2})^2 + \sigma_{x\phi 2}^2 - (\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2}) \cdot \sigma_{x\phi 2}} =$$

$$= \sqrt{(279,29 + 64,516)^2 + 129,032^2 - (279,29 + 64,516) \cdot 129,032} = 300,815.$$

Допустиме напруження в перерізі S_0 , МПа:

$$[\sigma_{\text{Еф}}^{S0}]^t = 0,003 \cdot E_{\phi}^t = 0,003 \cdot 2,18 \cdot 10^5 = 654.$$

Умови міцності фланців:

$$\sigma_{\text{Еф}1}^{S1} \leq [\sigma_{\phi}]^t$$

$$210,952 < 320,$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

$$\sigma_{\text{Еф}2}^{S1} \leq [\sigma_{\phi}]^t$$

$$241,885 < 320,$$

$$\sigma_{\text{Еф}1}^{S0} \leq [\sigma_{\text{Еф}}^{S0}]^t \cdot \varphi$$

$$267,022 < 654 \cdot 1 = 654,$$

$$\sigma_{\text{Еф}2}^{S0} \leq [\sigma_{\text{Еф}}^{S0}]^t \cdot \varphi$$

$$300,815 < 654 \cdot 1 = 654.$$

Умови виконуються, міцність забезпечена.

Оскільки:

$$D > 2,$$

то допустимий кут повороту фланця, рад:

$$[\Theta] = 0,013.$$

Умова герметичності:

$$\frac{\sigma_{\text{кф}1} \cdot D}{E_{\phi} \cdot h_{\phi1}} \leq [\Theta]$$

$$\frac{141,025 \cdot 0,4}{2,18 \cdot 10^5 \cdot 40 \cdot 10^{-3}} = 0,006 < 0,013,$$

$$\frac{\sigma_{\text{кф}2} \cdot D}{E_{\phi} \cdot h_{\phi2}} \leq [\Theta]$$

$$\frac{142,108 \cdot 0,4}{2,18 \cdot 10^5 \cdot 35 \cdot 10^{-3}} = 0,007 < 0,013.$$

Умови виконуються, герметичність забезпечена.

Висновок: приймаємо стандартні фланці 1-400-2,5-20X13 ГОСТ 28759.3-90 та 2-400-2,5-20X13 ГОСТ 28759.3-90, які забезпечують з'єднання корпусу апарата з кришкою, а також герметичність з'єднання.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.11 Розрахунок укріплення отворів

Мета розрахувати укріплення отворів для штуцерів і люків в циліндричній обичайці. Методика розрахунку наведена в [37]. Розрахункова схема укріплення отворів наведена на рисунку 5.13.

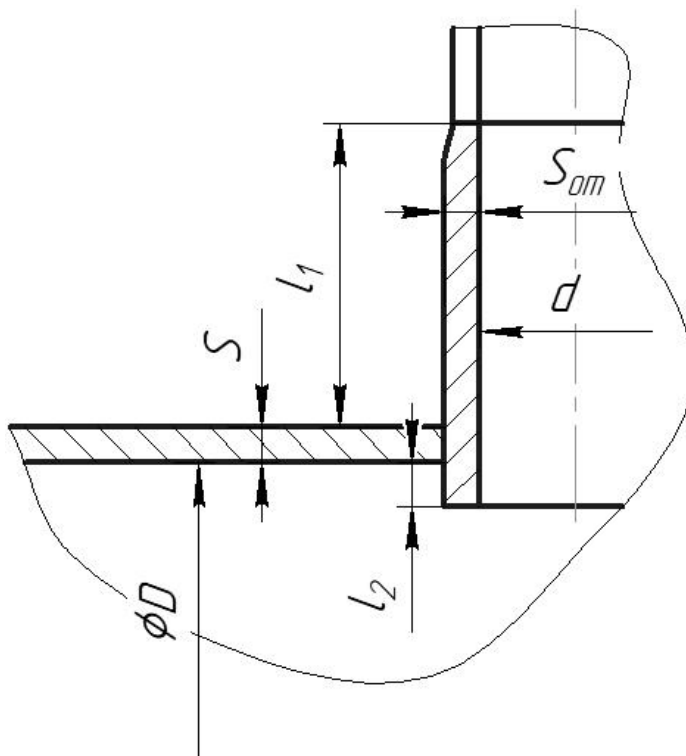


Рисунок 5.13 – Розрахункова схема укріплення отворів

Вихідні дані:

діаметр колони D , м	0,4;
товщина стінки циліндричної обичайки S , м	$6 \cdot 10^{-3}$;
розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки S_R , м	$2,963 \cdot 10^{-3}$;
сума додатків до розрахункової товщини C , м	$1,25 \cdot 10^{-3}$;
діаметр штуцера для газу d_y , м	0,08;
діаметр штуцера для рідини d_x , м	0,05;
товщина стінки штуцера $S_{ш}$, м	0,005;
розрахунковий тиск P_R , Па	$5 \cdot 10^6$;
допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	340.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Найбільший допустимий діаметр отвору, який не потребує укріплення, м:

$$d_o = 2 \cdot \left(\frac{S - C}{S_R} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D \cdot (S - C)} =$$
$$= 2 \cdot \left(\frac{6 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3}}{2,963 \cdot 10^{-3}} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{0,4 \cdot (6 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3})} = 0,07.$$

Оскільки діаметр отвору:

$$d_o = 0,07 > d_x = 0,05$$

$$d_o = 0,07 < d_y = 0,08,$$

то необхідне укріплення отворів для штуцерів вводу і виводу синтез газу, яке може бути забезпечене патрубком штуцера.

Площа перерізу отвору в стінці яка підлягає укріпленню для штуцера, м²:

$$F_o^{\text{III}} = (d_y - d_o) \cdot S_R = (0,08 \cdot 10^{-3} - 0,07 \cdot 10^{-3}) \cdot 2,963 \cdot 10^{-3} = 2,959 \cdot 10^{-5}.$$

Розрахункова довжина зовнішньої частини штуцера, яка приймає участь в укріпленні отвору, м:

$$l_{1R}^{\text{III}} = \min \left\{ l_1^{\text{III}}; 1,25 \cdot \sqrt{(d_y + 2 \cdot C) \cdot (S - C)} \right\} =$$
$$= \min \left\{ 0,03; 1,25 \cdot \sqrt{(0,08 + 2 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3}) \cdot (6 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3})} \right\} =$$
$$= \min \{ 0,03; 0,025 \} = 0,025,$$

де $l_1^{\text{III}} = 0,025$ м - зовнішня довжина штуцера, прийнята конструктивно.

Розрахункова довжина внутрішньої частини штуцера, яка приймає участь в укріпленні отвору, м:

$$l_{2R}^{\text{III}} = \min \left\{ l_2^{\text{III}}; 0,5 \cdot \sqrt{(d_y + 2 \cdot C) \cdot (S - 2 \cdot C)} \right\} =$$
$$= \min \left\{ 0,09; 0,5 \cdot \sqrt{(0,08 + 2 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3}) \cdot (6 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3})} \right\} =$$
$$= \min \{ 0,09; 0,008 \} = 0,008,$$

де $l_2^{\text{III}} = 0,09$ м - внутрішня довжина штуцера, прийнята конструктивно.

Розрахункова товщина стінки штуцера, м:

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

$$S_{\text{шР}} = \frac{P_R \cdot d}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_R} = \frac{5 \cdot 0,08}{2 \cdot 340 \cdot 1 - 5} = 5,926 \cdot 10^{-4},$$

де $\varphi = 1$ - розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва [31].

Площа перерізу штуцера яка бере участь в укріпленні отвору, м^2 :

$$\begin{aligned} F_{\text{ш}} &= 2 \cdot (l_{1R}^{\text{ш}} + S - S_R - C) \cdot (S_{\text{ш}} - S_{\text{шР}} - C) + 2 \cdot l_{2R}^{\text{ш}} \cdot (S_{\text{ш}} - C) = \\ &= 2 \cdot (0,025 + 6 \cdot 10^{-3} - 2,963 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3}) \cdot (5 \cdot 10^{-3} - 5,926 \cdot 10^{-4} - 1,25 \cdot 10^{-3}) + \\ &\quad + 2 \cdot 0,008 \cdot (5 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3}) = 1,475 \cdot 10^{-4}. \end{aligned}$$

Перевірка умови укріплення отвору:

$$\begin{aligned} F_0^{\text{ш}} &\leq F_{\text{ш}} \\ 2,959 \cdot 10^{-5} &\leq 1,475 \cdot 10^{-4}. \end{aligned}$$

Умови виконується.

Висновок: товщина патрубку штуцера і його довжина забезпечує укріплення отворів.

5.12 Розрахунок опори

Метою даного розрахунку є вибір опори колонного апарата. Скориставшись даними для фланців [34], для еліптичних днищ [36], для штуцерів [38], для циклону [29], для опорних решіток [39], для розподільчих пристроїв [40], для насадки [2] та для матеріалу з якого виготовлений апарат [32] напишем вихідні дані. Розрахунок виконано за методикою [3].

Вихідні дані:

діаметр колони D , м	0,4;
товщина стінки циліндричної обичайки S , м	$6 \cdot 10^{-3}$;
висота насадки H , м	4,2;
висота апарата H_a , м	6,5
маса штуцера для входу і виходу метанолу $m_{\text{ш}}^x$, кг	3,5;
маса штуцера для входу і виходу синтез-газу $m_{\text{ш}}^y$, кг	5,4;

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

маса еліптичного днища m_d , кг	10;
маса фланця m_ϕ , кг	30,3;
маса циклону m_ψ , кг	35;
маса опорної решітки m_{op} , кг	8,8;
маса розподільчого пристрою типу ТСН-II $m_{рп1}$, кг	6,1;
маса розподільчого пристрою типу ТСН-III $m_{рп2}$, кг	5,6;
густина сталі 20X13 ρ_m , кг/м ³	7760;
густина метанолу ρ_{CH_3OH} , кг/м ³	819,7;
густина насадки ρ_n , кг/м ³	210.

Розрахункова схема до визначення маси кришки наведена на рисунку 5.14.

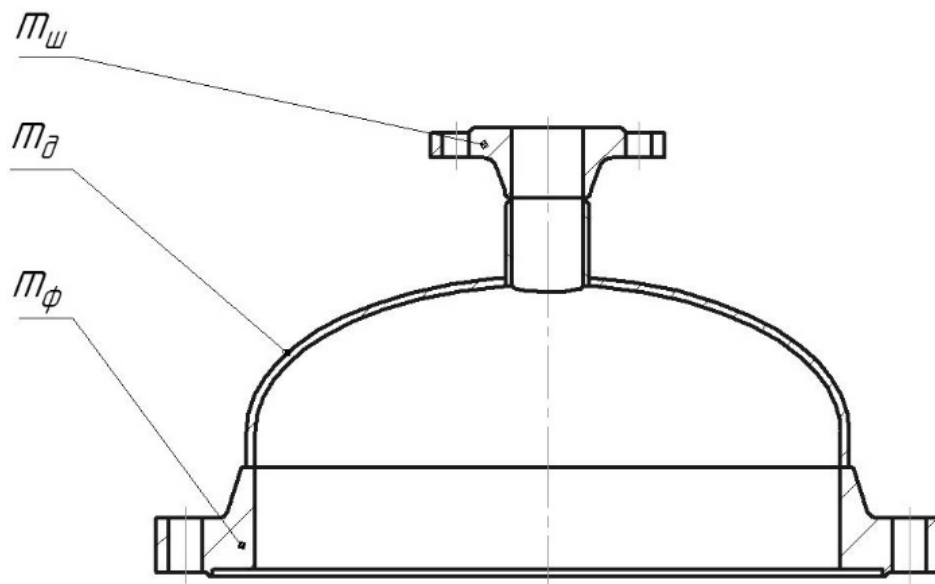


Рисунок 5.14 – Розрахункова схема до визначення маси кришки

Маса нижньої кришки апарата, кг:

$$m_{нк} = m_\phi + m_d + m_{ш}^x = 30,3 + 10 + 3,5 = 43,8.$$

Маса верхньої кришки апарата, кг:

$$m_{вк} = m_\phi + m_d + m_{ш}^y = 30,3 + 10 + 5,4 = 45,7.$$

Розрахункова схема до визначення маси нижньої царги наведена на рисунку 5.15.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

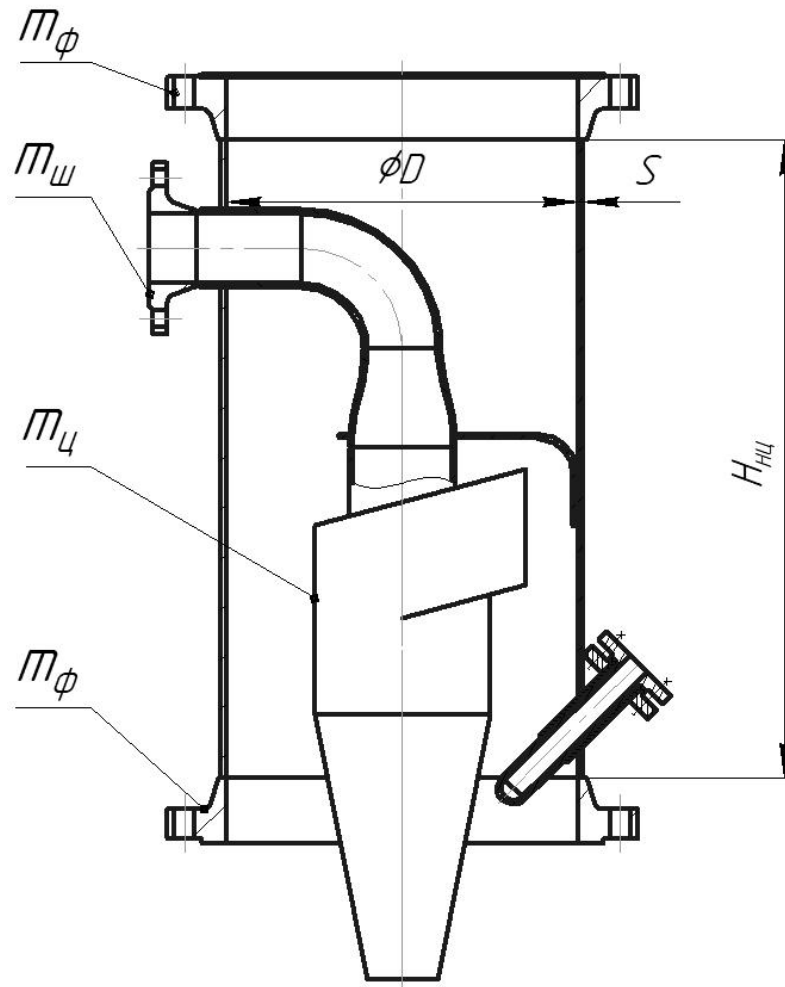


Рисунок 5.15 – Розрахункова схема до визначення маси нижньої царги
Маса циліндричної частини нижньої царги, кг:

$$m_{\text{цнц}} = \frac{\pi}{4} \cdot \left((D + 2 \cdot S)^2 - D^2 \right) \cdot H_{\text{нц}} \cdot \rho_{\text{м}} =$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot \left((0,4 + 2 \cdot (6 \cdot 10^{-3}))^2 - 0,4^2 \right) \cdot 0,598 \cdot 7760 = 35,5,$$

де $H_{\text{нц}} = 0,598$ м - висота циліндричної частини нижньої царги, прийнято конструктивно.

Маса нижньої царги, кг:

$$m_{\text{нц}} = 2 \cdot m_{\phi} + m_{\text{ц}} + m_{\text{ш}}^y + m_{\text{цнц}} + m_{\text{нд}} = 2 \cdot 30,3 + 35 + 5,4 + 35,5 + 35 = 171,5,$$

де $m_{\text{нд}} = 35$ кг - маса додаткових елементів нижньої царги, прийнята умовно.

Розрахункова схема до визначення маси середньої царги наведена на рисунку 5.16.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

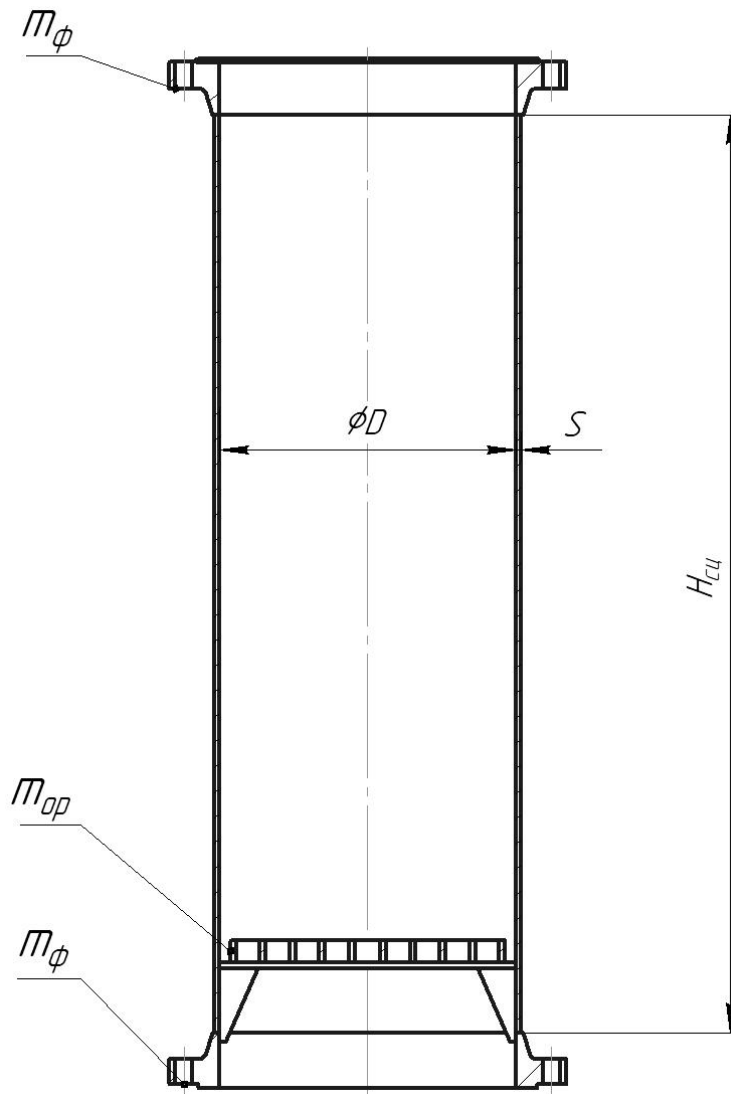


Рисунок 5.16 – Розрахункова схема до визначення маси середньої царги

Маса циліндричної частини середньої царги, кг:

$$m_{\text{цц}} = \frac{\pi}{4} \cdot \left((D + 2 \cdot S)^2 - D^2 \right) \cdot H_{\text{цц}} \cdot \rho_{\text{м}} =$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot \left(\left(0,4 + 2 \cdot (6 \cdot 10^{-3}) \right)^2 - 0,4^2 \right) \cdot 2,4 \cdot 7760 = 142,5,$$

де $H_{\text{цц}} = 2,4 \text{ м}$ - висота циліндричної частини середньої царги, прийнято конструктивно.

Маса середньої царги, кг:

$$m_{\text{нц}} = 2 \cdot m_{\text{ф}} + m_{\text{цц}} + m_{\text{ор}} = 2 \cdot 30,3 + 142,5 + 8,8 = 211,9.$$

Розрахункова схема до визначення маси верхньої царги наведена на рисунку 5.17.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

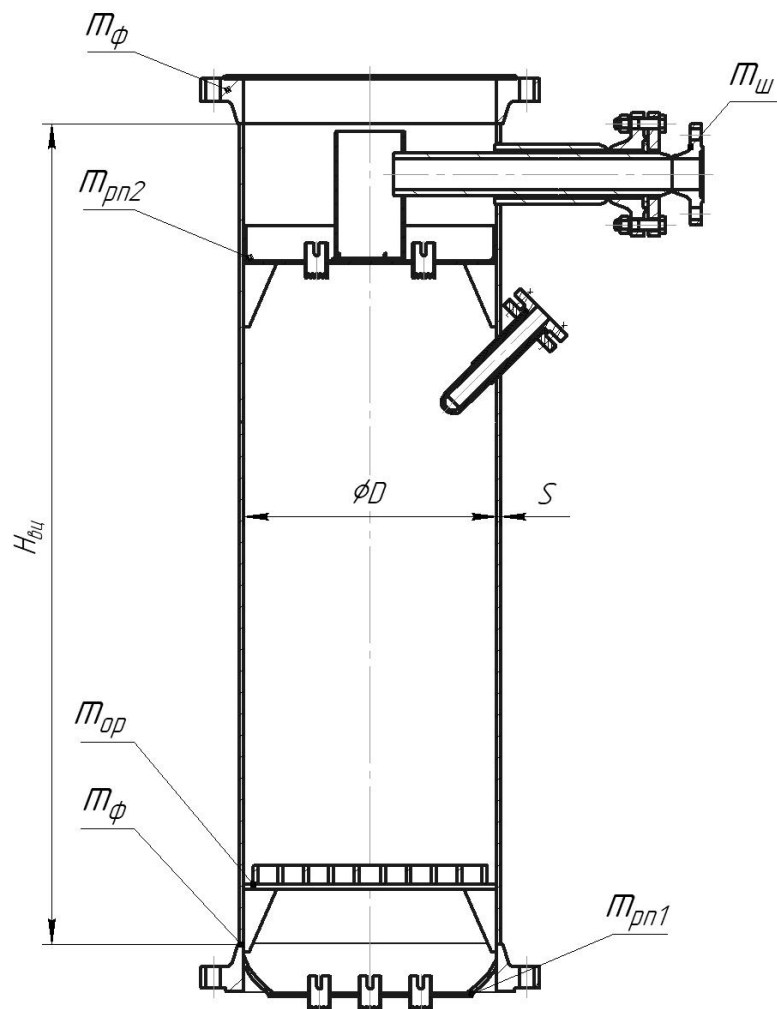


Рисунок 5.17 – Розрахункова схема до визначення маси верхньої царги

Маса циліндричної частини верхньої царги, кг:

$$m_{\text{цвц}} = \frac{\pi}{4} \cdot \left((D + 2 \cdot S)^2 - D^2 \right) \cdot H_{\text{вц}} \cdot \rho_{\text{м}} =$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot \left((0,4 + 2 \cdot (6 \cdot 10^{-3}))^2 - 0,4^2 \right) \cdot 2,696 \cdot 7760 = 160,1,$$

де $H_{\text{вц}} = 2,696 \text{ м}$ - висота циліндричної частини верхньої царги, прийнято конструктивно.

Маса верхньої царги, кг:

$$m_{\text{нц}} = 2 \cdot m_{\text{ф}} + m_{\text{цвц}} + m_{\text{ор}} + m_{\text{рп1}} + m_{\text{рп2}} + m_{\text{ш}}^x + m_{\text{вд}} =$$

$$= 2 \cdot 30,3 + 160,1 + 8,8 + 6,1 + 5,6 + 3,5 + 35 = 279,7,$$

де $m_{\text{вд}} = 35 \text{ кг}$ - маса додаткових елементів верхньої царги, прийнята умовно.

Розрахункова схема до визначення маси насадки наведена на рисунку 5.18.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

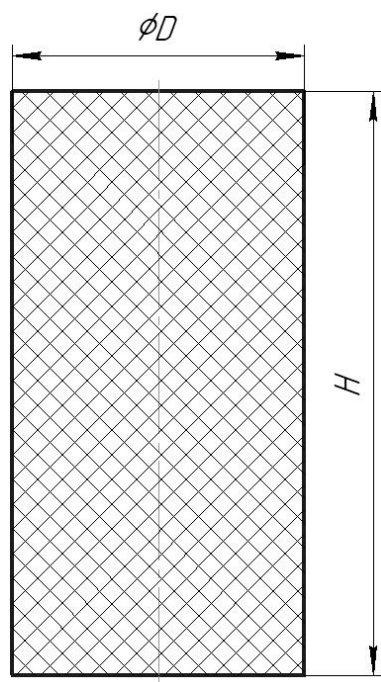


Рисунок 5.18 – Розрахункова схема до визначення маси насадки

Маса насадки, кг:

$$m_n = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H \cdot \rho_n = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} \cdot 4,2 \cdot 210 = 110,8.$$

Загальна маса апарата, кг:

$$m_a = m_{\text{БК}} + m_{\text{ВЦ}} + m_{\text{СЦ}} + m_{\text{НЦ}} + m_{\text{НК}} + m_n + m_d = \\ = 45,7 + 279,7 + 211,9 + 171,5 + 43,8 + 110,8 + 100 = 963,4,$$

де $m_d = 100$ кг - маса додаткових елементів апарата, прийнята умовно.

Маса апарата при гідравлічних випробуваннях, кг:

$$m_{\text{ГВ}} = m_a + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H_a \cdot \rho_{\text{CH}_3\text{OH}} = 963,4 + \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} \cdot 6,5 \cdot 819,7 = 1633.$$

Вага апарата, Н:

$$N_a = m_a \cdot g = 970,9 \cdot 9,81 = 9470.$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння.

Вага апарата при гідравлічних випробуваннях, Н:

$$N_{\text{ГВ}} = m_{\text{ГВ}} \cdot g = 1633 \cdot 9,81 = 16020.$$

Згідно з рекомендаціями [3], для даного апарата, обираємо циліндричну опору 3-400-0,25-0,1-800 АТК 24.200.04-90.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальне допустиме приведенє навантаження вибраної опори, Н:

$$[N] = 250000.$$

Перевіряємо умову:

$$N_{\text{гв}} \leq [N],$$

$$16020 < 250000.$$

Умова виконується, міцність опори забезпечена.

Висновок: для даного масообміного апарата була вибрана циліндрична опора 3-400-0,25-0,1-800 АТК 24.200.04-90. Для якої максимальне допустиме приведенє навантаження 250000Н.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апарата

Монтаж обладнання або його складових проводиться під час будівництва або ремонту об'єкта. Монтаж повинен виконуватись спеціальними організаціями, під час будівництва великих об'єктів.

Абсорбер виготовлено згідно вимог з ГСТУ 3-17-171-2000. На фундаментних болтах, які попередньо залиті бетоном, кріпиться опора.

У цеху якому буде встановлений апарат, необхідно забезпечити проходи, для безпечного і зручного обслуговування та очистки апарата.

Перед монтажем, необхідно заздалегідь прокласти необхідні підземні комунікації, виконати вертикальне планування, забезпечити електроенергією, водою і повітрям монтажу зону.

Відповідно до ГСТУ 3-17-171-2000, для великогабаритного обладнання, необхідно передбачити можливість транспортування апарата у складеному вигляді, зручним видом транспорту до монтажної зони. Оскільки апарат великогабаритний, його складальні одиниці необхідно доставити в зону монтажу та провести його складання безпосередньо в цій зоні. Монтаж вертикальних колонних апаратів здійснюється за допомогою баштових кранів методом нарощування або самохідними кранами методом підрощування.

Для складання й зварювання колонних апаратів використовується роликовий стенд, приводні роликові опори та роликові опори що вільно обертаються.

Залежно від фінансів, термінів, характеристик монтажного обладнання, наявність необхідних вантажопідіймальних пристроїв тощо [41], монтаж колони може здійснюватися різними способами. Він здійснюється стріловими самохідними кранами з або без використання спеціального обладнання.

У абсорбері повинен забезпечуватись стабільний температурний режим незалежно від температури навколишнього середовища. Це забезпечується за рахунок теплової ізоляції, яка повинна бути хімічно й термостійкою, бути негігроскопічною та механічно міцною.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Насадку утрамбовують секціями через люки в царгах, до отримання заданої поверхні і висоти.

Експлуатація згідно з ГОСТ 25866-83 – це стадія на якій реалізується, підтримується і відновлюється якість апарата. Експлуатація включає використання за призначенням, транспортування, зберігання, обслуговування і ремонту.

Одним з найвідповідальнішим етапом експлуатації абсорбера є його пуск, під час якого може мати місце температурна деформація.

В процесі експлуатації апарата будуть виникати забруднення, корозійні процеси, втрачатися герметичність вузлів. Всі ці пошкодження ліквідують під час планових ремонті, які організуються за двома категоріями: поточний і капітальний ремонті.

Оскільки апарат працює під тиском вище атмосферного та з вибухонебезпечними речовинами, то необхідно звертати особливу увагу на стан ущільнення поверхонь кришки, корпусу, царг та кришок люків. Усунення дефектів поверхонь, необхідно здійснювати механічним шляхом. Після обробки поверхня не повинна мати тріщини та інших дефектів. Шорсткість поверхні має не перевищувати $2,6 \cdot 10^{-6}$ м.

Допустимі відхилення по головним осям абсорбера повинні знаходитися в межах від мінус 0,02 до плюс 0,02 м. Межа відхилення висотної відмітки змонтованого апарата не більше 0,01 м. Відхилення апарата від осі вертикалі повинно знаходитися в межах 0,003 м на 1 м висоти, але не більше 0,035 м на весь апарат [41].

Після монтажу апарат повинен пройти відповідні випробування. В програму випробувань входять гідравлічне та пневматичне випробування апарата та його трубопроводів під тиском що вказаний на креслені. За результатом випробування виявляють дефекти та недоліки. Які необхідно занести в акт випробування на конкретний апарат.

Підготовка до введення в експлуатацію включає перевірку тиску та температури всередині апарата, а також витрат газу і рідини на вході та виході з апарата.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Абсорбер можна вважати введеним в експлуатацію після підписання акту з боку представників організації що проводить монтаж та замовником.

Під час зупинки апарата необхідно припинити подачу рідини і газу, а потім відімкнути живлення. Необхідно вивантажити насадку апарата через люки, виконують промивку апарата. При зупинці на довгий термін апарат необхідно обов'язково розвантажити, злити всю рідину, та закрити всі люки і фланці.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація – установлення та виконання стандартів. Ціль якою є впорядкування діяльності у деякій галузі або області. Це необхідно для більш економного і доцільного використання наявних ресурсів, дотримання умов та вимог техніки безпеки, покращення якості та здешевлення продукції і послуг [42].

Уніфікація – зведення засобів виробництва, продукції або їх окремих елементів до однієї структури, складу, форми та розмірів. Рівень стандартизації і уніфікації визначається відповідним коефіцієнтом застосовності. Який визначається за [42], затверджений державним стандартом України.

Рівень передбачає усунення різноманітності в конструкції деталей, елементів, різноманітних вузлів, в сортаменті матеріалу, формах документації.

При проектуванні насадкового абсорбера, який входить до технологічної схеми очистки синтез-газу метанолом, використовують багато уніфікованих, стандартизованих та нормалізованих конструктивних елементів, вузлів та деталей. Це дозволяє спростити обслуговування, ремонт та заміну елементів конструкції. Та значно знизити витрати на виробництво апарата.

Рівень стандартизації становить:

$$K_c = \frac{n_c}{N} \cdot 100\% = \frac{385}{399} \cdot 100\% = 96,5,$$

де $N = 399$ шт. - загальна кількість деталей;

$n_c = 385$ шт. - кількість стандартних деталей.

Рівень уніфікації становить:

$$K_y = \frac{n_c + n_y}{N} \cdot 100\% = \frac{385 + 6}{112} \cdot 100\% = 98,$$

де $n_y = 6$ шт. - кількість уніфікованих деталей.

Висновок: згідно з отриманими даними робимо висновок, що рівень стандартизації 96,5%, уніфікації 98% високий. Це суттєво спрощує проектування та виготовлення абсорбера.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації

Вихідні дані:

маса апарата m_a , кг	963,4;
основний матеріал з якого виготовлений апарат	20X13.

Метою даного розрахунку є техніко-економічне обґрунтування модернізації. Розрахунки проведені за [43].

Приблизна вартість модернізованого апарата, грн:

$$\Phi_{\text{поч}}^{\text{нов}} = m_a \cdot C_m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 963,4 \cdot 125 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 262000,$$

де $C_m = 125$ грн/кг - ціна за кілограм матеріалу [44];

$K_1 = 1,5$ - коефіцієнт який враховує витрати на виготовлення основних деталей та вузлів [45];

$K_2 = 1,2$ - коефіцієнт який враховує витрати на технологічні операції при виготовленні апарата [45];

$K_3 = 1,2$ - коефіцієнт який враховує додаткові витрати при виготовленні апарата [45].

Модернізація обладнання може збільшити підвищити конкурентоспроможність української продукції хімічного машинобудування. Це потребує великих інвестицій, яких не вистачає в країні. Тому техніко-економічне обґрунтування є актуальним.

Для даного дипломного проекту необхідно оцінити техніко-економічне обґрунтування модернізації прямооточного насадкового абсорбера, порівнявши його з запущеними в виробництво аналогами.

При удосконаленні абсорбера обрано базисний зразок російського апарату для порівняння їх техніко-економічних показників.

Основні техніко-економічні показники базового та удосконаленого абсорбера наведені в таблиці 8.1.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 – Техніко-економічні показники базового та удосконаленого абсорбера

Назва показників	Одиниця вимірювання	Конструкція	
		Базовий	Удосконалений
1	2	3	4
Поверхня масообміну	м ²	42,2	34,343
Тиск в апараті	МПа	3	5
Температура в апараті	°С	-10	-10
Габаритні розміри апарату:			
висота	мм	11220	7382
довжина	мм	1075	814
ширина	мм	518	600
продуктивність апарату	м ³ /год	0,7	0,875
Вартість апарату (первісна)	тис. грн	300	262
Тривалість ремонтного циклу	років	2,5	4,0

Для обґрунтування техніко-економічної доцільності модифікації необхідно знайти коефіцієнта ефективності витрат. Залежно від коефіцієнта, можна судити о доцільності удосконалення (таблиця 8.2).

Таблиця 8.2 – Значення коефіцієнту ефективності витрат на удосконалене устаткування.

Величина n_{p_i}	Доцільність вдосконалення
$n_{p_i} > 0$	Вдосконалення доцільне
$n_{p_i} < 0$	Вдосконалення не доцільне
$n_{p_i} = 0$	Рішення про вдосконалення приймається з інших чинників

Формула для знаходження коефіцієнту ефективності витрат:

$$n_{p_i} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{\Phi_{\text{поч}}^{\text{мод}} \cdot \alpha \cdot \beta + S_{a_i}}, \quad (8,1)$$

де M_i грн - сумарні витрати на вдосконалення;

S_{e_i} грн - перевищення витрат на вдосконалення під час експлуатації;

$\Phi_{\text{поч}}^{\text{нов}}$ - початкова вартість нового обладнання.

α - коефіцієнт співвідношення між обладнанням;

β - коефіцієнт співвідношення між обладнанням під час ремонтного циклу;

S_{a_i} грн. - втрати від недоамортизації.

Сумарні витрати на вдосконалення, грн:

$$M_i = \Phi_{\text{поч}}^{\text{мод}} \cdot K_m = 300000 \cdot 0,04 = 12000,$$

де $\Phi_{\text{поч}}^{\text{мод}} = 262000$ грн - початкова ціна обладнання, яке треба модифікувати, згідно з даними підприємств що використовують аналогічне обладнання;

$K_m = 0,071$ - коефіцієнт витрат [43].

Перевищення витрат на вдосконалення під час експлуатації, грн:

$$S_{e_i} = \Phi_{\text{поч}}^{\text{мод}} \cdot q_{b1} - \Phi_{\text{поч}}^{\text{нов}} \cdot q_{b2} = 300000 \cdot 0,16 - 262000 \cdot 0,14 = 11320,$$

де $q_{b1} = 0,12$ - коефіцієнт експлуатаційних витрат обладнання що модифікують;

$q_{b2} = 0,1$ - коефіцієнт експлуатаційних витрат нового обладнання;

Коефіцієнт співвідношення між обладнанням:

$$\alpha = \frac{P_{\text{нов}}}{P_{\text{мод}}} = \frac{0,875}{0,7} = 1,25,$$

де $P_{\text{мод}} = 0,7$ кг/с - продуктивність обладнання яку модифікується;

$P_{\text{нов}} = 0,875$ кг/с - продуктивність нового обладнання.

Коефіцієнт співвідношення між обладнанням під час ремонтного циклу:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{4}{2,5} = 1,6,$$

де $T_{\text{мод}} = 4$ роки - тривалість циклу ремонту обладнання що модифікується;

$T_{\text{нов}} = 2,5$ роки - тривалість циклу ремонту нового обладнання.

Підставивши всі величини в формулу (8,1), можна знайти коефіцієнт ефективності витрат.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт ефективності витрат:

$$n_{p_i} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \cdot \alpha \cdot \beta + S_{a_i}} = 1 - \frac{12000 + 11320}{300000 \cdot 1,25 \cdot 1,6 + 10000} = 0,962,$$

де $S_{a_i} = 10000$ грн. - втрати від недоамортизації [32].

Висновок: розраховане значення коефіцієнту $n_{p_i} = 0,962 > 0$, то згідно з таблицею 8.2 удосконалення є техніко-економічно вигідним.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Висновки

У дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» на тему «Модернізація абсорбера дільниці очистки синтез-газу. Комплексний» модернізовано абсорбер для очистки синтез газу.

Модернізація направлена на забезпечення покращення сепарації газорідинної суміші після насадки, та зменшити винесення абсорбенту з газом, відповідно його витрату. Це досягається встановленням в нижню частину колони циклону для вловлювання крапель метанолу і перешкоджанню їх винесенню.

У результаті виконання дипломного проекту було зроблено опис технологічного процесу; вибрано тип абсорбера; обґрунтовано вибір конструкції апарата; порівняно основні показники розробленої конструкції з аналогами; проведено патентне дослідження; розроблено рекомендації з охорони праці. Проведені розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій вибраного апарата, а саме матеріальний баланс, поверхня контакту абсорбера, геометричні розміри циклону, висота абсорбера, гідравлічного опору, діаметрів патрубків, товщина стінки циліндричної обичайки, товщина стінки еліптичного днища, товщина теплоізоляційного шару, фланцевого з'єднання, укріплення отворів. Розроблено рекомендації щодо монтажу та експлуатації, визначено рівень стандартизації та уніфікації, здійснено техніко-економічне обґрунтування модернізації. Результати розрахунків зведені в розрахунково-пояснювальну записку. Частину розрахунків виконано в програмному середовищі Mathcad 15.

Графічна частина проекту виконана у середовищі КОМПАС 3D V-16.1 і включає в себе технологічну схему установки – А1, конічну обичайку – А3, складальні креслення: абсорбер – А1, царга – А1, циклон – А2, верхня кришка – А3. До складальних креслень виконано специфікації.

За період виконання проекту подано одну заявку на винахід № а201810346 і одну заявку на корисну модель № u201905924, а також опубліковано дві тези на XXIII та на XXIV Всеукраїнських науково-практичних конференціях студентів, аспірантів і молодих вчених.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

Выводы

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» на тему «Модернизация абсорбера участка очистки синтез-газа. Комплексный» модернизирован абсорбер для очистки синтез-газ.

Модернизация направлена на обеспечение улучшения сепарации газожидкостной смеси после насадки и уменьшения выноса абсорбента с газом, соответственно его расход. Это достигается установкой в нижнюю часть колонны циклона для улавливания капель метанола и препятствия их выносу.

В результате выполнения дипломного проекта было сделано описание технологического процесса; выбран тип абсорбера; обоснован выбор конструкции аппарата; проведены сравнения основных показателей разработанной конструкции с аналогами; проведено патентное исследование; разработаны рекомендации по охране труда. Проведенные расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций избранного аппарата, а именно материальный баланс, поверхность контакта абсорбера, геометрические размеры циклона, высота абсорбера, гидравлического сопротивления, диаметров патрубков, толщина стенки цилиндрической обечайки, толщина стенки эллиптического днища, толщина теплоизоляционного слоя, фланцевого соединения, укрепления отверстий. Разработаны рекомендации по монтажу и эксплуатации, определен уровень стандартизации и унификации, осуществлено технико-экономическое обоснование модернизации. Результаты расчетов сведены в расчетно-пояснительную записку. Часть расчетов выполнено в программной среде Mathcad 15.

Графическая часть проекта выполнена в среде КОМПАС 3D V-16.1 и включает в себя технологическую схему установки - А1, коническую обечайку - А3, сборочные чертежи: абсорбер - А1, царга - А1, циклон - А2, верхняя крышка - А3. К сборочных чертежей выполнено спецификации.

За период выполнения проекта подана одна заявка на изобретение № а201810346 и одну заявку на полезную модель № u201905924, а также опубликовано два тезиса на XXIII и на XXIV Всероссийских научно-практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

Conclusions

In the Bachelor Diploma project on the theme: "Modernization of absorber of synthesis gas purification station. Complex" the absorber for purifying synthesis gas was modernize.

The modernization is aimed at improving the separation of the gas-liquid mixture after the nozzle and reducing of the removal of the absorbent with gas, respectively, its consumption. This is achieved by installing in the lower part of the column of the cyclone to capture droplets of methanol and prevent their passing out

As a result of the Bachelor Diploma project the description was made of the process; the type of the absorber was selected; the choice of the design machine was validated; key indicators were compared with analogues of the design; the patent research was made; the recommendations of labour protection were developed.

The calculations proving the efficiency and reliability of the selected device structures were made, such as the material balance, the surface of the absorber contact, the geometric dimensions of the cyclone, the height of the absorber, the hydraulic resistance, the diameters of the branch pipes, the thickness of the wall of the cylindrical shell, the thickness of the wall of the elliptical bottom, the thickness of the thermal insulation layer, the flange connection, the reinforcement of the openings. Recommendations for installation and operation were made, the level of standardization and unification was defined, and a feasibility study of modernization was made. The calculations are given in the calculation and explanatory note. The part of calculations was made in the software environment Mathcad 15.

The graphic part of the project is made in "COMPAS 3D environment V16.1" and includes the technological scheme (A1), the conical shell – A3, the assembly drawing of the absorber – A1, the side-bar – A1, the cyclone – A2, the top cover – A3. The specifications were made for assembly drawings.

During the period of performance of the project it was filed one application for invention № a201810346 and one application for utility model № u201905924, and two reports were published at "XXIII and XXIV Ukrainian Scientific Conference of Students and Young Scientists".

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

Перелік посилань

1. Справочник азотчика [Текст] : В 2 т. / [Пред. ред. коллегии канд. экон. наук Н. А. Симулин]. - Москва : Химия, 1967-1969. - 2 т.
2. Абсорбция газов [Текст] / В. М. Рамм. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Химия, 1976. - 655 с. : ил.; 22 см.
3. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Лащинский А. А. Толчинский А. Р., – Л., «Машиностроение», 1970., - 752 стр.
4. Воробьева Г. Я. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств. Изд. 2-е пер. и доп. М, «Химия», 1975. 816 с.
5. Андреев І.А., Зубрій О.Г., Мікульонок І.О. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі й чавуни: Навчальний посібник. – К.: ІЗМН, 1999. – 148 с.
6. Мікульонок І. О. Проектування теплової ізоляції обладнання хімічних виробництв. Навч посібник - К.: НАУК ДУМКА, 1999 - 153с
7. Патент RU 181 419 U1 Абсорбер. Голованчиков А. Б., Прохоренко Н. А., Икрянников Е. А., Лепехина Д. А., Ребров Р. Д. Опубликовано: 13.07.2018 Бюл. № 20.
8. Патент RU 2 491 982 C1 Прямоточный абсорбер. Демихов С. В., Демихов С. В. Опубликовано: 10.09.2018 Бюл. № 25.
9. Патент RU 2 577 574 C1 Фракционирующий абсорбер. Курочкин А. В. Опубликовано: 20.03.2018 Бюл. №8.
10. Patent WO 2019/02984 7 A1 Column for stripping and reabsorbing. Schmidt Sophia, Szabo Robert, Lechner Hincal International Publication Date: 14.02.2019.
11. Patent EP 2 643 074 B1 Structure of an absorption column. Dewan Shamsuz, Crawley Sussex Date of publication of application: 02.10.2013 Bulletin 2013/40
12. ГОСТ 12.1.005–88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением №1)
13. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
14. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

- 15.ГОСТ 12.1.009-76. Электробезопасность. Термины и определения.
- 16.ГОСТ 12.1.30–86.Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Электробезопасность. Защитное заземление.
- 17.ДБНВ 2.5-28.2006.Природне і штучне освітлення.
- 18.НАПББ 0.7.005-86.Пожежна безпека
- 19.ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования
- 20.СНиП 2.09.02-85. Производственные здания промышленных предприятий
- 21.ГОСТ 12.01.0.003-74. Система стандартов безопасности труда.
- 22.Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1983. – 272 с.
- 23.Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологи.
Л.: Химия, 1991. - 352 с.
- 24.Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей./Под ред. Н. Б. Варгафтика. 2-е изл. пер. и доп. – М.: Наука, 1972, 720 с.
- 25.Технология синтетического метанола / М. М. Караваев, В. Е. Леонов, И. Г. Попов, Е. Т. Шепелев; Под ред. М. М. Караваева. - М. : Химия, 1984. - 239 с. : ил.; 22 см.; ISBN В пер. (В пер.) : 1 р. 20 к.
- 26.Абсорбция газов [Текст] / В. М. Рамм. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Химия, 1976. - 655 с. : ил.; 22 см.
- 27.Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Часть I - СПб: "Мир и Семья", 2004 - 848 с.
- 28.Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підруч. / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. - К.: НТУУ "КПІ", 2011. -Ч. 2. - 416 с.
- 29.Машины и аппараты химических производств. Под ред. д-ра техн. наук, проф. И. И. Чернобыльского. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1974. - 456 с. Авт.: И. И. Чернобыльский, А. Г. Бондарь, Б. А. Гаевский, С. А. Городинская, Р. Я. Ладиев, Ю. М. Тананайко, В. Т. Миргородский.
- 30.Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков В.Н. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

31. Андреев И.А. Конструирования и расчетов типового устаткування химических производств. Основные положения. Элементы тонкостенных сосудов, нагруженных внутренним давлением. Учеб. пособие. – К.: «Выдавецтво «Політехніка», 2011. – 272 с.
32. http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stn/20X13
33. Конструирования та расчетов фланцевых соединений: Учеб. пособие /В. Г. Доброногов, И. О. Микельсон. – К.: НМК ВО, 1992. – 104 с.
34. ГОСТ 28759.3-90 Фланцы сосудов и аппаратов стальные приварные встык
35. http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/35X
36. ГОСТ 6533-78 Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры (с Изменениями N 1, 2)
37. А.С. Тимонин Основы конструирования и расчета химикотехнологического и природоохранного оборудования Том 1 Изд 2-е, перераб и доп. – Калуга: Н. Бочкаревой, 2002.- 846 с.
38. АТК 24.218.06-90 Штуцера для сосудов и аппаратов стальных сварных. Типы, основные параметры, размеры и общие технические требования
39. ОСТ 26-02-601-72 Решетки опорные под насадки кольцевые. Основные размеры и технические требования
40. ОСТ 26-705-79 Тарелки ТСН-2 и ТСН-3 колонных аппаратов. Конструкция и размеры
41. Гайдамак К.М., Тыркин Б.А. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности Москва "ВЫСШАЯ ШКОЛА" 1974 г., стр. 286.
42. РД 50-33-80 Методические указания. Определение уровня унификации и стандартизации изделий
43. Задольський А.М., Щаповаленко О.О. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів. Київ, 2010.
44. <https://www.metalika.ua/price/krug-marka-stali-20kh13.html>
45. Альперт Л.З. Основы проектирования химических установок Изд. 4, перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1989. - 304 с.

					ЛН51.066274.001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

Додаток А
Документація патентного дослідження

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук.

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН51.065274РП

Найменування теми Насадковий абсорбер

шифр теми ЛН51.065274

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН51.065274

Обґрунтування регламенту пошуку **Предмет пошуку:** - абсорбер (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі) .

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо масообмінних апаратів (визначення патентноздатності проектного апарату і визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, СРСР, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія, Канада, Швейцарія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на корисну модель - 6 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2018-2019.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: : МПК5 - B01D1/22, D01D1/12, МПК6 - B0 D1/22

Уніфікована десяткова класифікація УДК 66.081.5.

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні бюлетені Укрпатенту, Роспатенту і Госпатенту СРСР, 2) Науково-технічна інформація: монографії з тепломасообмінних процесів, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічних технологій .

Початок пошуку 02.02.2019 Закінчення пошуку 02.05.2019.

Довідка про пошук № ЛН51.065274 ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛН51.065274.000

(номер, дата)

Етап - Проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата, завдання на проведення патентних досліджень

ЛН51.09.19.02.2019

Номер, дата регламенту пошуку ЛН51.065 РП 02.02.2019.

Початок пошуку 02.02.2019 Закінчення пошуку 02.05.2019.

Таблиця А.1 – Регламент пошуку (форма А.1 згідно ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Ретро-спектив-ність пошуку	Джерела інформації
Насадковий абсорбер	Визначення патентно-здатності проектового апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, РФ, Велика Британія, Німеччина, США.	<u>МПК</u> <u>B01D53/18</u> , B01D 53/14, B01D 53/00	2018–2019	Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. /Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др/ под ред Ю. И Дытнерского М.: Химия, 1991. - 496 с Процеси та обладнання хімічної технології /Я.М. Корнієнко, І.О. Мікульонок, та інші./ НТУУ «КПІ», 2011. Ч.1 – 300 с.; Ч.2 – 416 с.

Таблиця А.2. – Джерела інформації, які використані під час патентного пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, яка використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				патентна інформація	інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Випарний апарат	Україна, РФ, Велика Британія, Німеччина, США.	<u>МПК</u> <u>B01D5</u> <u>3/18</u> , B01D 53/14, B01D 53/00, B01D 53/52	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, до яких надається безкоштовний доступ в Інтернеті http://www.patents.google.com/ http://www.findpatent.ru/ http://freepatent.ru/ http://uapatents.com/	Описи винаходів патентів України №№ 1-60000. Описи корисних моделей патентів України №№ 1-2000. Описи винаходів патентів Російської Федерації №№ 2000000-2180000. Офіційний бюлетень "Промислова власність" Офіційні бюлетені "Открытия. Изобретения",	Журнали "Химическо, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение", "Тепломасообмен" УРЖ "Хімічна промисловість України" Процеси та обладнання хімічної технології /Я.М. Корнієнко, І.О. Мікульонок, та інші./ НТУУ «КПІ», 2011. Ч.1 – 300 с.; Ч.2 – 416 с.

Таблиця А.3 – Винаходи, що відібрані для аналізу.

Назва апарата	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Абсорбер	Патент RU 181419 U1 (RU), МПК В01D 53/14 (2006.01). Абсорбер Голованчиков А. Б., Прохоренко Н. А., Икрянников Е. А., Лепехина Д. А., Ребров Р. Д. «ВолгГТУ» – Заявка 2018113820, 16.04.2018, Опубліковано 25.01.2018.	Діє
Прямоточний абсорбер	Патент RU 2491982 C1 (RU), МПК В01D 53/18 (2006.01). Прямоточний абсорбер Демихов С. В., Демихов С. В. – Заявка: 2018112680/05, 03.04.2018, опубліковано: 10.09.2018 Бюл. № 25.	Діє
Пластинчастий теплообмінник	Патент RU 2577573 C1 (RU), МПК В01D 53/00 (2006.01). Фракционирующий абсорбер. Курочкин А. В. – Заявка: 2015101306/05, 16.01.2015, опубліковано: 20.03.2018 Бюл. №8.	Діє
Колонка для зачистки і абсорбції	Patent WO 2019/029847 A1 (WO), Int. CL. B01D 53/52 (2006/01), B01D 3/34 (2006/01),. B01D 53/14 (2006/01), Column for stripping and reabsorbing. / Schmidt Sophia, Szabo Robert, Leichner Hincal International Publication Date: 14.02.2019.	Діє

Продовження таблиці А.3 – Винаходи, що відібрані для аналізу

1	2	3
Структура абсорбційної колони	Patent EP 2643074 B1 (US), Int. CL. B01D 53/18 (2006/01), . B01D 3/32 (2006/01), B01D 3/00 (2006/01). Structure of an absorption column. / Dewan Shamsuz, Crawley Sussex Date of publication of application: 02.10.2013 Bulletin 2013/40	Діє

Додаток Б

Комп'ютерний розрахунок поверхні контакту абсорбера

На рисунку Б.1 представлено алгоритмічну схему розрахунку поверхні контакту абсорбера. У блоці 1 вводяться дані, необхідні для розрахунку, а в блоці 2 проводиться розрахунок швидкостей в абсорбері та розрахунок діаметра апарата (5,1)- (5,5), в блоці 3 проводиться розрахунок активної поверхні насадки (5,6), в блоці 4 проводиться розрахунок критеріїв подібності (5,7)- (5,12), в блоці 6 проводиться розрахунок приведеної товщини плівки, в блоці 6 проводиться розрахунок коефіцієнтів масовіддачі ,коефіцієнта масопередачі (5,14)-(5,18), в блоці 7 проводиться розрахунок поверхні масообміну (5,19).

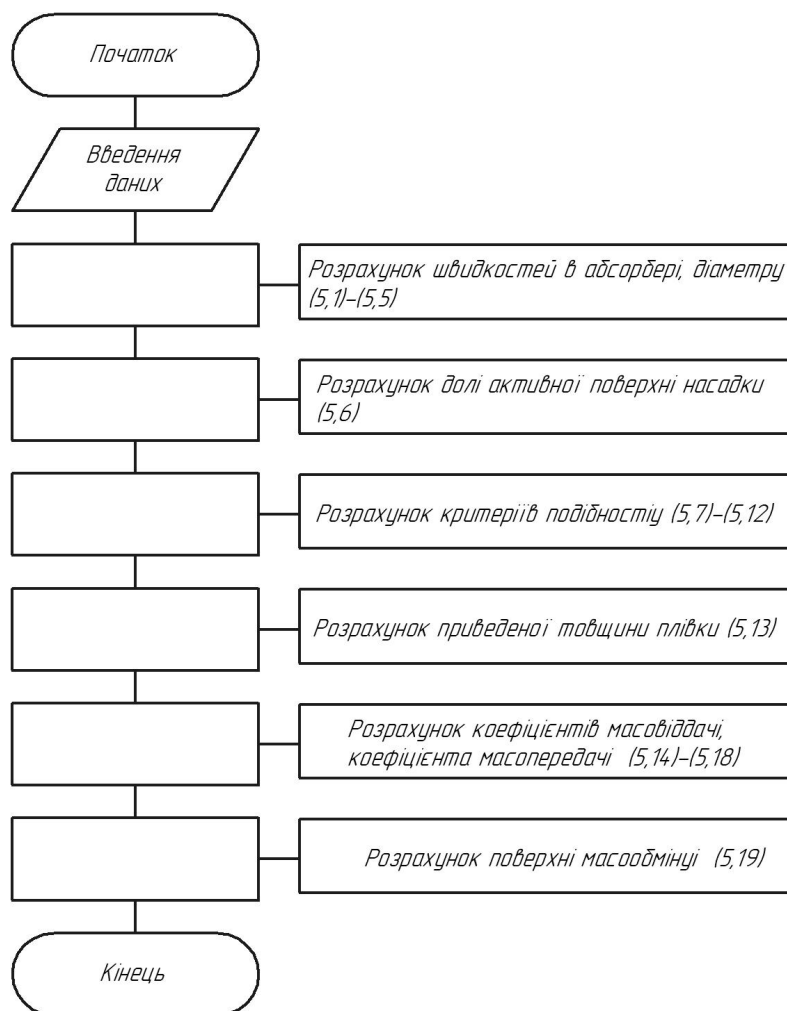


Рисунок Б.1 - Алгоритмічна схема розрахунку поверхні контакту абсорбера

Таблиця Б.1 - Перелік ідентифікаторів

Найменування величини	Позначення	Ідентифікатор	Розмірність
1	2	3	4
Гранична швидкість	$W_{\text{гр}}$	W_{gr}	м/с
Густина метанолу	ρ_{CH_3OH}	ρ_{CH_3OH}	кг/м ³
Густина синтез-газу	$\rho_{\text{СГ}}$	ρ_{SG}	кг/м ³
Масова витрата метанолу	L	L	кг/с
Масова витрата синтез-газу	G	G	кг/с
Вільний об'єм насадки	V_c	V_c	м ³ /м ³
В'язкість метанолу	μ_{CH_3OH}	μ_{CH_3OH}	Па · с
В'язкість синтез-газу	$\mu_{\text{СГ}}$	μ_{SG}	Па · с
Коефіцієнт дифузії сірководню в метанолі	D_x	D_x	м ² /с
Коефіцієнт дифузії сірководню в синтез-газі	D_y	D_y	м ² /с
Еквівалентний діаметр	d_e	d_e	м
Питома поверхня насадки	a	a	м ² /м ³
Висота елемента насадки	l	l	м
Прискорення вільного падіння	g	g	м/с ²
Коефіцієнт розподілення сірководню в метанолі:	m	m	
Початкова відносна масова концентрація сірководню в рідкій	$\overline{X_{\text{п}}}$	X_p	кг/кг
Кінцева відносна масова концентрація сірководню в рідкій фазі	$\overline{X_{\text{к}}}$	X_k	кг/кг
Середня рушійна сила	$\Delta \overline{Y_{\text{сер}}}$	ΔY_{ser}	кг/кг
Коефіцієнт швидкості	$k_{\text{ш}}$	k_{sh}	

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
Коефіцієнт залежаний від насадки	p	p	
Коефіцієнт залежаний від насадки	q	q	
Робоча швидкість газу в абсорбері	W_p	W_r	м/с
Діаметр колони	D	D	м
Швидкість газу в насадці	W_n	W_n	м/с
Щільність зрошення абсорбційної колони	U	U	$\text{м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$
Доля активної поверхні насадки	Ψ_a	Ψ_a	
Дифузійний критерій Прандтля для синтез-газу	Pr_y	Pr_y	
Дифузійний критерій Прандтля для метанолу	Pr_x	Pr_x	
Критерій Рейнольдса для синтез-газу	Re_y	Re_y	
Критерій Рейнольдса для метанолу	Re_x	Re_x	
Критерій Нусельта для синтез-газу	Nu_y	Nu_y	
Критерій Нусельта для метанолу	Nu_x	Nu_x	
Приведена товщина плівки метанолу що стікає	$\delta_{\text{пр}}$	$\delta_{\text{пр}}$	м
Коефіцієнт масовіддачі в синтез-газі	β'_y	β'_y	м/с
Коефіцієнт масовіддачі в метанолі	β'_x	β'_x	м/с
Коефіцієнт масовіддачі в синтез-газі	β_y	β_y	$\text{кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$
Коефіцієнт масовіддачі в метанолі	β_x	β_x	$\text{кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$
Коефіцієнт масопередачі у абсорбері по газовій фазі	K_y	K_y	$\text{кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$
Поверхня масообміну	F	F	м^2

Розрахунок поверхні контакту абсорбера

Гранична швидкість, м/с:	$W_{gr} := 0.305$
Густина метанолу, кг/м ³ :	$\rho_{CH_3OH} := 819.7$
Густина синтез-газу, кг/м ³ :	$\rho_{SG} := 53.834$
Масова витрата метанолу, кг/с:	$\underline{L} := 0.875$
Масова витрата синтез-газу, кг/с:	$\underline{G} := 3.048$
Вільний об'єм насадки, м ³ /м ³ :	$V_c := 0.55$
В'язкість метанолу, Па*с:	$\mu_{CH_3OH} := 946 \cdot 10^{-6}$
В'язкість синтез-газу, Па*с:	$\mu_{SG} := 1.557 \cdot 10^{-5}$
Коефіцієнт дифузії сірководню в метанолі, м ² /с:	$D_x := 1.051 \cdot 10^{-9}$
Коефіцієнт дифузії сірководню в синтез-газі, м ² /с:	$D_y := 2.54 \cdot 10^{-5}$
Еквівалентний діаметр, м:	$d_e := 0.022$
Питома поверхня насадки, м ² /м ³ :	$a := 100$
Висота елемента насадки, м:	$\underline{l} := 0.1$
Прискорення вільного падіння, м/с ² :	$\underline{g} := 9.81$
Коефіцієнт розподілення сірководню в метанолі:	$\underline{m} := 0.027$
Початкова відносна масова концентрація сірководню в рідкій фазі, кг/кг:	$X_p := 2.924 \cdot 10^{-7}$
Кінцева відносна масова концентрація сірководню в рідкій фазі, кг/кг:	$X_k := 0.022$
Середня рушійна сила кг/кг:	$\Delta Y_{ser} := 1.796 \cdot 10^{-3}$
Коефіцієнт залежний від насадки:	$p := 0.0078$
Коефіцієнт залежний від насадки:	$q := 0.0146$
Коефіцієнт швидкості:	
$k_{sh} := \begin{pmatrix} 0.7 \\ 1.0 \\ 1.4 \end{pmatrix}$	
Робоча швидкість газу в абсорбері, м/с:	
$W_r := k_{sh} \cdot W_{gr} = \begin{pmatrix} 0.213 \\ 0.305 \\ 0.427 \end{pmatrix} \quad (5,1)$	

					ЛН51.066274.001 ПЗ	105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр колони, м:

$$D := \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot W_r \cdot \rho_{SG}}} = \begin{pmatrix} 0.581 \\ 0.486 \\ 0.411 \end{pmatrix} \quad (5,2)$$

Обираємо стандартний діаметр абсорбера, м:

$$D := \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.5 \\ 0.4 \end{pmatrix}$$

Дійсна робоча швидкість газу в абсорбері, м/с:

$$W_r := \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho_{SG}} = \begin{pmatrix} 0.2 \\ 0.288 \\ 0.451 \end{pmatrix} \quad (5,3)$$

Швидкість газу в насадці, м/с:

$$W_n := \frac{W_r}{V_c} = \begin{pmatrix} 0.364 \\ 0.524 \\ 0.819 \end{pmatrix} \quad (5,4)$$

Щільність зрошення абсорбційної колони, м³/(м²·с):

$$U := \frac{L}{\left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right) \cdot (\rho_{CH_3OH})} = \begin{pmatrix} 3.775 \times 10^{-3} \\ 5.437 \times 10^{-3} \\ 8.495 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \quad (5,5)$$

Доля активної поверхні насадки:

$$\psi_a := \frac{3600 \cdot U}{a \cdot (p + 3600 \cdot q \cdot U)} = \begin{pmatrix} 0.659 \\ 0.667 \\ 0.673 \end{pmatrix} \quad (5,6)$$

Дифузійний критерій Прандтля для синтез-газу:

$$Pr_y := \frac{\mu_{SG}}{\rho_{SG} \cdot D_y} = 0.011 \quad (5,7)$$

Дифузійний критерій Прандтля для метанолу:

$$Pr_x := \frac{\mu_{CH_3OH}}{\rho_{CH_3OH} \cdot D_x} = 1098.079 \quad (5,8)$$

Критерій Рейнольдса для синтез-газу:

$$Re_y := \frac{W_n \cdot d_e \cdot \rho_{SG}}{V_c \cdot \mu_{SG}} = \begin{pmatrix} 50353.686 \\ 72509.308 \\ 113295.794 \end{pmatrix} \quad (5,9)$$

Критерій Рейнольдса для метанолу:

$$Re_x := \frac{4 \cdot U \cdot \rho_{CH_3OH}}{a \cdot \mu_{CH_3OH}} = \begin{pmatrix} 130.853 \\ 188.429 \\ 294.42 \end{pmatrix} \quad (5,10)$$

Критерій Нусельта для синтез-газу:

$$Nu_y := 0.167 \cdot Re_y^{0.74} \cdot Pr_y^{0.33} \cdot \left(\frac{1}{d_e} \right)^{-0.47} = \begin{pmatrix} 56.464 \\ 73.953 \\ 102.893 \end{pmatrix} \quad (5,11)$$

Критерій Нусельта для метанолу:

$$Nu_x := 0.0021 \cdot Re_x^{0.75} \cdot Pr_x^{0.5} = \begin{pmatrix} 2.692 \\ 3.539 \\ 4.946 \end{pmatrix} \quad (5,12)$$

Приведена товщина плівки метанолу що стікає, м:

$$\delta_{pr} := \left(\frac{\mu_{CH_3OH}^2}{\rho_{CH_3OH} \cdot g} \right)^{\frac{1}{3}} = 4.81 \times 10^{-4} \quad (5,13)$$

Коефіцієнт масовіддачі в синтез-газі, м/с:

$$\beta'_y := \frac{Nu_y \cdot D_y}{d_e} = \begin{pmatrix} 0.065 \\ 0.085 \\ 0.119 \end{pmatrix} \quad (5,14)$$

Коефіцієнт масовіддачі в метанолі, м/с:

$$\beta'_x := \frac{Nu_x \cdot D_x}{\delta_{pr}} = \begin{pmatrix} 5.883 \times 10^{-6} \\ 7.733 \times 10^{-6} \\ 1.081 \times 10^{-5} \end{pmatrix} \quad (5,15)$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт масовіддачі в обраній для розрахунку розмірності, кг/(м²*с):

$$\beta_y := \beta'_y \cdot \rho_{SG} = \begin{pmatrix} 3.509 \\ 4.596 \\ 6.395 \end{pmatrix} \quad (5,16)$$

$$\beta_x := \beta'_x \cdot \rho_{CH_3OH} = \begin{pmatrix} 4.822 \times 10^{-3} \\ 6.339 \times 10^{-3} \\ 8.859 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \quad (5,17)$$

Коефіцієнт масопередачі у абсорбері по газовій фазі: кг/(м²*с):

$$K_y := \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} = \begin{pmatrix} 0.17 \\ 0.223 \\ 0.312 \end{pmatrix} \quad (5,18)$$

Поверхня масообміну, м²:

$$F := \frac{L \cdot (X_k - X_p)}{K_y \cdot \Delta Y_{ser}} = \begin{pmatrix} 63.068 \\ 47.986 \\ 34.343 \end{pmatrix} \quad (5,19)$$

					ЛН51.066274.001 ПЗ	108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток В
Патенти, які використовувались в патентному дослідженні



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B01D 53/14 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2018113820, 16.04.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.04.2018

Дата регистрации:
13.07.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.04.2018

(45) Опубликовано: 13.07.2018 Бюл. № 20

Адрес для переписки:
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, отдел
интеллектуальной собственности ВолгГТУ

(72) Автор(ы):

Голованчиков Александр Борисович (RU),
Прохоренко Наталья Андреевна (RU),
Икрянников Егор Александрович (RU),
Лепехина Дарья Андреевна (RU),
Ребров Роман Дмитриевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Волгоградский
государственный технический университет"
(ВолгГТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 168134 U1, 18.01.2017. RU
141498 U1, 10.06.2014. US 0004776989 A1,
11.10.1988.

(54) АБСОРБЕР

(57) Реферат:

Предлагаемое техническое решение относится к массообменным аппаратам с листовой насадкой и может найти применение в химической, нефтехимической, металлургической, энергетической, фармацевтической, пищевой и других отраслях промышленности, а также в экологических процессах очистки дымовых газов и вентиляционных выбросов.

Техническим результатом предлагаемой конструкции абсорбера повышение производительности.

Поставленный технический результат достигается тем, что абсорбер, представляющий собой колонну с насадкой, в верхней части которой находятся распределяющие жидкость

устройства, равномерно орошающие насадку, в нижней части колонны установлен коллектор для равномерного подвода газа на насадку, состоящий из труб с равномерно герметично закрепленными по длине этих труб акустическими резонаторами с отверстиями, направленными на торцы насадки, и цилиндрическими пружинами, закрепленными в верхней части колонны, причем каждая цилиндрическая пружина закреплена в нижней части колонны осесимметрично с ее закреплением в верхней части колонны, а насадка выполнена в виде колец Рашига, равномерно закрепленных по высоте вдоль цилиндрических пружин.



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2018112680/05, 03.04.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.04.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.04.2018

(45) Опубликовано: 10.09.2018 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 180102 A1, 23.04.1993. SU 1669511 A1,
15.08.1991. EP 0416649 A2, 13.03.1991. SU
1200952 A1, 30.12.1985. SU 1353481, 23.11.1987.
SU 814417 A1, 23.03.1981.

Адрес для переписки:

109456, Москва, Рязанский пр-кт, 75, корп.4,
1-я башня, 7 этаж, КГ "Вайзедвайс", ООО
"Правовая поддержка", пат. пов. Е.В.
Купцовой, рег.№1264

(72) Автор(ы):

Демихов Сергей Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Демихов Сергей Викторович (RU)

(54) ПРЯМОТОЧНЫЙ АБСОРБЕР

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для очистки газовых смесей от вредных примесей, а также для извлечения ценных компонентов из этих смесей, в частности для осушки природного газа от влаги до требуемой температуры точки росы. Прямоточный абсорбер содержит корпус, штуцеры входа и выхода газа и штуцеры входа и выхода жидкости (абсорбента), распределитель потока жидкости, массообменную секцию, каплеотбойник, при этом массообменная секция выполнена в виде горизонтальных полок с размещенными на них пакетами регулярной насадки, причем пакет регулярной насадки формируется из отдельных гофрированных листов, разделенных между

собой проставками из плоского листа, с образованием между листами каналов для движения газа и жидкости. Техническим результатом является увеличение производительности, увеличение поверхности контакта фаз, обеспечение непрерывного контакта фаз, снижение гидравлического сопротивления, обеспечение равномерности распределения жидкости по всему объему насадки и абсорбера в целом, обеспечение работы при низких расходах абсорбента, возможность широкого изменения нагрузок по газу и жидкости, возможность размещения как в горизонтальном, так и в вертикальном положениях, уменьшение габаритных размеров, снижение металлоемкости. 9 з.п. ф-лы, 7 ил.

RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 491 982** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.
B01D 53/18 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2018112680/05, 03.04.2018

(24) Effective date for property rights:
03.04.2018

Priority:

(22) Date of filing: 03.04.2018

(45) Date of publication: 10.09.2018 Bull. 25

Mail address:
109456, Moskva, Rjazanskij pr-kt, 75, korp.4, 1-
ja bashnja, 7 ehtazh, KG "Vajzehdvajs", OOO
"Pravovaja podderzhka", pat. pov. E.V. Kuptsovoj,
reg.№1264

(72) Inventor(s):

Demikhov Sergej Viktorovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Demikhov Sergej Viktorovich (RU)

(54) **DIRECT-FEED ABSORBER**

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to gas cleaning of harmful impurities, extracting valuable components therefrom, in particular, to drying of natural gas to dew point. Proposed absorber comprises housing, gas and fluid inlet and discharge pipes, mass exchange section and entrainment trap. Note here that mass exchange section is composed of

horizontal supports with preformed packing packs. Note also that said preformed packing pack is composed of corrugated sheets separated by flat-sheet spacers to make gas and fluid channels there between.

EFFECT: higher efficiency, decreased overall dimensions and metal input, lower consumption of adsorbent.

10 cl, 7 dwg

RU 2 491 982 C1

RU 2 491 982 C1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установившейся практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изъявил такое желание и уведомил об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.

(21)(22) Заявка: 2015101306/05, 16.01.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.01.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.01.2015

(45) Опубликовано: 20.03.2016 Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2530133 C1, 10.10.2014. АЛЬБОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ И ГАЗА. ПОД РЕДАКЦИЕЙ Б.И. БОНДАРЕНКО, МОСКВА, ИЗДАТЕЛЬСТВО РГУ, 2003 г., SU 131363 A1, 10.10.1960; WO 1989012794 A1, 28.12.1989..

Адрес для переписки:

450059, Респ. Башкортостан, г. Уфа, пр. Октября,
43/5, кв. 169, Курочкину А.В.

(72) Автор(ы):

Курочкин Андрей Владиславович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Курочкин Андрей Владиславович (RU)

(54) ФРАКЦИОНИРУЮЩИЙ АБСОРБЕР

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для охлаждения и сепарации сжатых многокомпонентных газов, в частности попутного нефтяного газа, и может быть использовано в нефтегазовой промышленности. Предложен фракционирующий абсорбер, включающий абсорбционную секцию, оборудованную блоком тепломассообменных элементов, оснащенным патрубками ввода/вывода хладагента, зону питания с патрубком ввода попутного нефтяного газа, верхнюю сепарационную зону с патрубками ввода стабильной нефти и вывода очищенного газа и нижнюю сепарационную зону с патрубком

вывода нестабильной нефти. При работе абсорбера компрессат подают в зону питания, в верхнюю сепарационную зону подают стабильную нефть, которая при противоточном контактировании с горячим компрессатом в условиях градиента температур, создаваемого за счет охлаждения хладагентом, абсорбирует из газа углеводороды C₄₊ и частично стабилизируется. Очищенный газ выводят из верхней сепарационной зоны, а нестабильную нефть выводят из нижней сепарационной зоны. Техническим результатом является упрощение фракционирующего абсорбера и снижение энергозатрат. 2 з.п. ф-лы, 1 ил.

RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 577 573** (13) **C1**

(51) Int. Cl.
B01D 53/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

According to Art. 1366, par. 1 of the Part IV of the Civil Code of the Russian Federation, the patent holder shall be committed to conclude a contract on alienation of the patent under the terms, corresponding to common practice, with any citizen of the Russian Federation or Russian legal entity who first declared such a willingness and notified this to the patent holder and the Federal Executive Authority for Intellectual Property.

(21)(22) Application: **2015101306/05, 16.01.2015**

(24) Effective date for property rights:
16.01.2015

Priority:

(22) Date of filing: **16.01.2015**

(45) Date of publication: **20.03.2016** Bull. № **8**

Mail address:

**450059, Resp. Bashkortostan, g. Ufa, pr. Oktjabrja,
43/5, kv. 169, Kurochkinu A.V.**

(72) Inventor(s):

Kurochkin Andrej Vladislavovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Kurochkin Andrej Vladislavovich (RU)

(54) **FRACTIONATING ABSORBER**

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention relates to devices for cooling and separation of multicomponent compressed gases, in particular associated petroleum gas, and can be used in oil and gas industry. Disclosed is a fractionating absorber, including absorption section equipped with unit of mass-exchange elements equipped with nozzles of input/output of the coolant, zone of supply with associated oil gas feed branch pipe, upper separation zone with inlet branch pipes of stable oil and clean gas discharge and lower separation zone with unstable oil discharge branch pipe. During operation

of the absorber compressate is delivered to the supply zone, in upper separation zone stable oil is fed, which in countercurrent contact with hot kompressatom under conditions of temperature gradient is created due to cooling by coolant, absorbs gas hydrocarbons C₄₊ and partially stabilises. Purified gas is removed from the top of the separation zone, and unstable oil is removed from the bottom of the separation zone.

EFFECT: technical result is simplification of the fractionating absorber and reducing power consumption.

3 cl, 1 dwg



(51) International Patent Classification:
B01D 3/34 (2006.01) **B01D 53/52** (2006.01)
B01D 53/14 (2006.01)

(21) International Application Number:
PCT/EP2018/025210

(22) International Filing Date:
02 August 2018 (02.08.2018)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
17400050.5 07 August 2017 (07.08.2017) EP

(71) Applicant: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE** [FR/FR]; 75, quai d'Orsay, 75007 Paris (FR).

(72) Inventors: **SCHMIDT, Sophia**; Landgrafenstr 8b, 60486 Frankfurt am Main (DE). **SZABO, Robert**; Frankenallee 230, 60326 Frankfurt am Main (DE). **LEICHNER, Hincal**; Altenauerstr. 7, 65429 Hochheim (DE). **CORBET, Sharon**; Hans-Poelzig-Str. 9, 60438 Frankfurt (DE). **SCHMID McGUINNESS, Teja**; Savignystr. 65, 60325 Frankfurt (DE).

(74) Agent: **DROPSCH, Holger**; Air Liquide Forschung und Entwicklung GmbH, Gwinnerstr. 27 - 33, 60388 Frankfurt am Main (DE).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: COLUMN FOR STRIPPING AND REABSORBING

(57) Abstract: Stripping and reabsorption column for removal of carbon dioxide from an absorption liquid, wherein the column is configured as a packing column along at least part of its length.

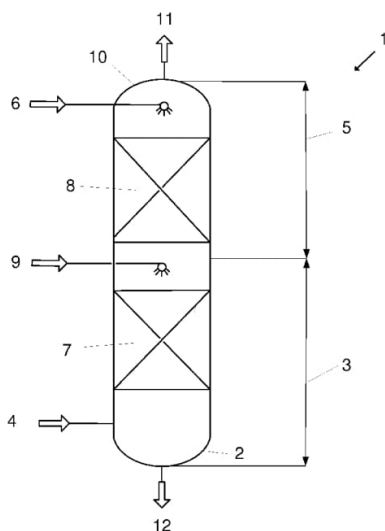


Fig. 1

WO 2019/029847 A1

[Continued on next page]

Published:

— with international search report (Art. 21(3))



(11) **EP 2 643 074 B1**

(12) **EUROPEAN PATENT SPECIFICATION**

(45) Date of publication and mention
of the grant of the patent:
10.01.2018 Bulletin 2018/02

(51) Int Cl.:
B01D 53/18 ^(2006.01) **B01D 3/32** ^(2006.01)
B01D 3/00 ^(2006.01)

(21) Application number: **11802776.2**

(86) International application number:
PCT/GB2011/052300

(22) Date of filing: **23.11.2011**

(87) International publication number:
WO 2012/069828 (31.05.2012 Gazette 2012/22)

(54) **STRUCTURE OF AN ABSORPTION COLUMN**

AUFBAU EINER ABSORPTIONSSÄULE

STRUCTURE D'UNE COLONNE D'ABSORPTION

(84) Designated Contracting States:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priority: **24.11.2010 GB 201019920**

(43) Date of publication of application:
02.10.2013 Bulletin 2013/40

(73) Proprietor: **Doosan Babcock Limited
Crawley, Sussex RH10 9AD (GB)**

(72) Inventor: **ZAMAN, Dewan Shamsuz
Crawley Sussex RH10 9AD (GB)**

(74) Representative: **Murgitroyd & Company
Scotland House
165-169 Scotland Street
Glasgow G5 8PL (GB)**

(56) References cited:
**GB-A- 931 591 US-A- 3 316 064
US-A- 5 064 450 US-A- 5 246 549
US-A- 5 707 415 US-A1- 2010 096 249**

EP 2 643 074 B1

Note: Within nine months of the publication of the mention of the grant of the European patent in the European Patent Bulletin, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to that patent, in accordance with the Implementing Regulations. Notice of opposition shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).

Додаток Г
Публікації автора

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

студент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ІТАЛЬЯНЦЕВ ОЛЕГ ІГОРОВИЧ

1. Абсорбер в циклі виробництва генераторного газу / Італьянцев О. І., Двойнос Я. Г. / Збірник тез доповідей XXIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів" (28-29 листопада 2018 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – С. 13-14.
2. Абсорбер - в схемі очистки синтез-газу / Італьянцев О. І., Двойнос Я. Г. / Збірник тез доповідей XXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів" (22-23 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – С 10-11.
3. Заявка 201810346 Україна МПК В01D 53/18 Абсорбер / Двойнос Я. Г., Італьянцев О. І. – № а201810346; заявл. 19.10.2019.
4. Заявка 201905924 Україна МПК В01D 3/20 Переливний пристрій масообмінної тарілки / Двойнос Я. Г., Італьянцев О. І. – № u201905924; заявл. 30.05.2019.

УДК 66.081.2

АБСОРБЕР В ЦИКЛІ ВИРОБНИЦТВА ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ

студент Італьянцев О. І., к.ст.викл., к.т.н. Двойнос Я. Г.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

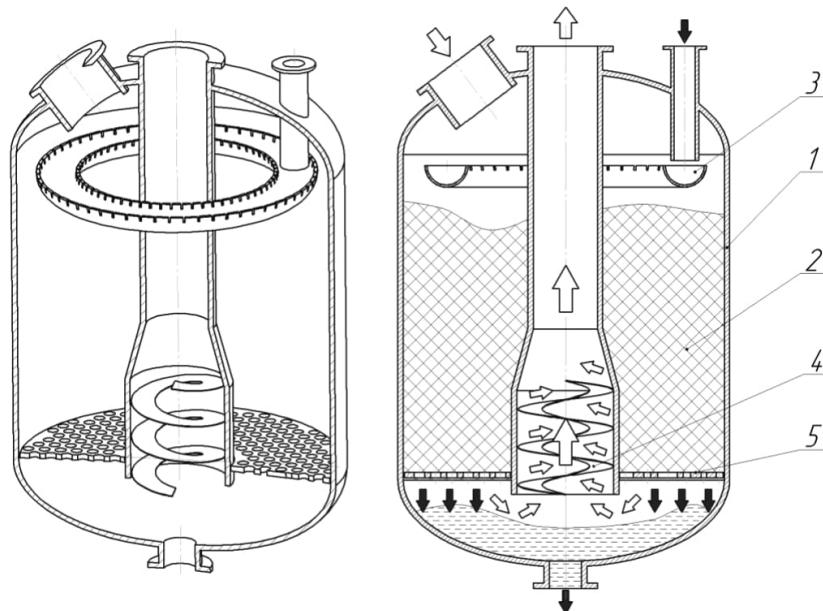
Переробка біопалива та твердих біологічних відходів в генераторний газ – пріоритетний напрям розвитку енергетичного комплексу України. Сучасні установки дозволяють організувати ефективний процес за тиску до 0,25 МПа у псевдо зрідженому шарі [1]. Апаратура, що працює під тиском вимагає нових підходів у проектуванні, а саме, – зменшення габаритів апаратів та інтенсифікації процесів. Важливою ланкою виробництва генераторного газу є очищення його від домішок перед виморожуванням азоту. Стандартне обладнання для очищення – абсорбер. Процес масообміну в абсорбері ускладнюється високою температурою газу та пульсаціями його об'ємної витрати, тому традиційна схема з протитечією потоків газу та абсорбенту не доцільна.

Пропонується використати абсорбер прямоточний з насадкою. Така схема дозволяє уникнути можливого «захливання» і дозволяє збільшити швидкість газу в абсорбері, що зменшує габарити абсорбера.

Приклад такої конструкції абсорбера наведено на рисунку 1.

При збільшенні питомого навантаження на насадку та сам апарат найбільш складним є організація сепарації газо– крапельної суміші після насадки, для цього після газорозподільної решітки встановлено центральну трубу з спіральним елементом. Абсорбер працює у такий спосіб. Абсорбент потрапляє в розподільчий пристрій, який дозволяє рівномірно зрошувати верхню поверхню шару насадки. Газ, що очищується, також потрапляє у верхню частину абсорбера, і рухається через шар насадки, захоплюючи за собою абсорбент за рахунок сил тертя. Проходячи через насадку між газом та абсорбентом відбувається масообмін, в результаті чого забруднення з газу переноситься до абсорбенту. Після шару насадки газ та абсорбент проходять через газорозподільчу решітку і потрапляють у нижню частину абсорберу. Крупні краплі абсорбенту під дією сил гравітації потрапляють у нижню частину

корпусу, а дрібні краплі у центральну трубу з встановленим всередині спіральним елементом, де відділяються за рахунок відцентрових сил, рухаючись у каналах спірального елемента.



1 – корпус абсорбера; 2 – насадка; 3 – пристрій розподілення абсорбенту; 4 – сепаратор; 5 – газорозподільча решітка

Рисунок 1 – Конструктивна схема модернізованого абсорберу

Дрібні краплі, що потрапили на внутрішню стінку центральної труби стікають плівкою під дією сил гравітації в нижню частину корпусу.

Перевагою нової конструкції абсорберу є відсутність застійних зон, що дозволяє використовувати у якості абсорбенту розчини, які реагують з компонентами газу з утворенням осаду.

Висновок: оригінальність конструкції модернізованого абсорберу вимагає проведення параметричного та конструктивного розрахунку, ескізного проектування та порівняння основних параметрів абсорберу з аналогами для прийняття рішення про доцільність модернізації.

Література:

1. Справочник азотчика/[Жаворонков Н.М. (1987)] // Под ред. Жаворонкова Н.М., «Химия», 1987. – 230 с.
2. Підручник "Процеси та обладнання хімічної технології" / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонюк, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев. К.: НТУУ «КПІ», 2011. - [Ч. 1. - 300 С.; Ч. 2.-416 С.].

УДК 66.081.5

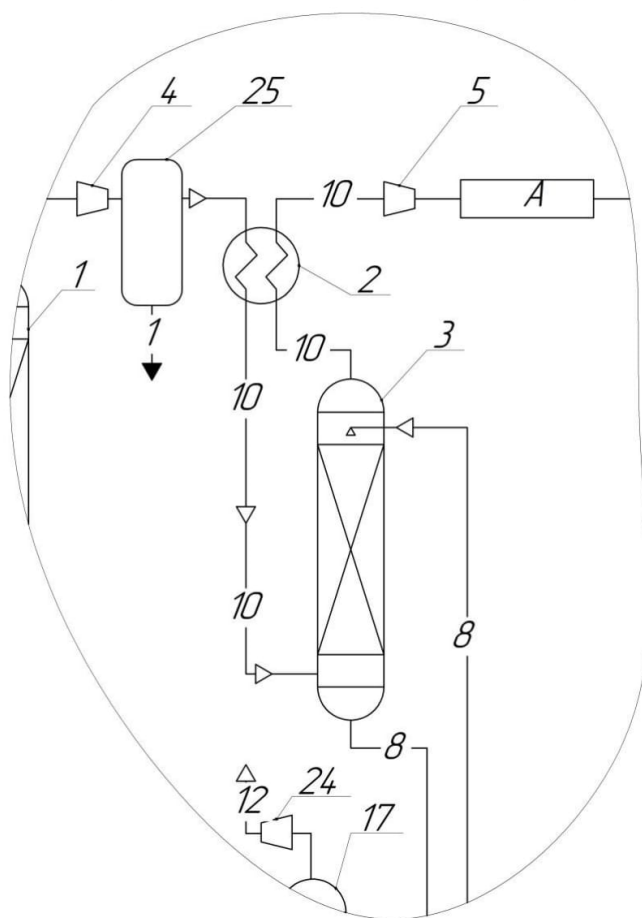
АБСОРБЕР - В СХЕМІ ОЧИСТКИ СИНТЕЗ-ГАЗУ

студент Італьянцев О. І., ст. викл. Двойнос Я. Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

Отриманий, шляхом газифікацією вугілля, синтез-газ [1] - більш забруднений, ніж продукти конверсії природного газу, тому він потребує додаткової очистки. В промисловості застосовують схему двоступінчастої очистки газу метанолом, фрагмент якої наведений на рисунку 1 [2].



1 – водяний скруббер; 2 – газовий теплообмінник; 3 – абсорбер очистки сірки; 4, 5, 24 – компресор; 17 – десорбер очистки сірки; 25 – ресивер; А – Конверсія СО.

Рисунок 1 – Технологічна схема очистки синтез газу

Фізична абсорбція - найпоширеніший метод очистки технологічних газів для синтезу аміаку. Найпоширеніший абсорбент - метанол. Абсорбція метанолом - вигідний метод, його можна використовувати при температурі до -60°C , при якій різко підвищується поглинальна здатність метанолу. Так, при -60°C і тиску близько 0,4 МПа в 1 грамі метанолу може розчинитися до 600 см^3 діоксиду вуглецю. Діоксид вуглецю з розчину в метанолі виділяють зниженням тиску і підвищенням температури.

Після очистки від пилу газ стискають до 3 МПа, промивають водою від HCN в водяному скрубєрі 1, охолоджують, і направляють в абсорбер очистки сірки 3. Також, в нього подають метанол при -38°C , що містить CO_2 , щоб уникнути великого градієнту температур. Газ після очищення (залишковий вміст сірчаних сполук не більше $1 \times 10^{-6} \text{ г/л}^3$) стискають до 5 МПа і піддають конверсії.

Розчинник з абсорбера очищення сірки 3 може бути регеновано зниженням тиску, продувкою або шляхом підведення теплоти. Найбільш енергоефективним є спосіб декомпресії, з наступною десорбцією при нагріві та частковому випаровуванні.

Більша частина CO_2 видаляється з розчинника при продувці азотом. Газ, що відходить з десорбера очищення сірки 17 додатково промивають метанолом до вмісту сірчистих сполук $(2 \div 5) \cdot 10^{-6} \text{ г/л}^3$.

Висновок: модернізація абсорбера очистки сірки дозволить покращити очистку синтез газу, зменшити енерговитрати, тому сама модернізація має практичне значення, а для її обґрунтування необхідно провести попередні розрахунки варіантів модернізації.

Перелік посилань:

1. Справочник азотчика / [Жаворонков Н.М. (1987)] // Под ред. Жаворонкова Н.М., «Химия», 1987. – 230 с.
2. Справочник азотчика: Физико-химические свойства газов и жидкостей. Производство технологических газов. – 2-е изд., перераб., М.: Химия, 1986 г. – 512 с., ил.



Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (УКРПАТЕНТ)

(01601, м. Київ-42, вул. Глазунова, 1)

Розписка про одержання заявки на корисну модель

Вх. №163787 Дата одержання 19.10.2018 13:07:06

Номер заявки **и 2018 10346** (в подальшому обов'язково посилається на цей номер)

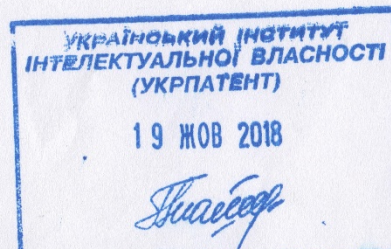
Заявник Італьянцев Олег Ігорович

Назва корисної моделі АБСОРБЕР

Адреса для листування Двойнос Я. Г., вул. М. Амосова, 14, кв. 7, м. Київ, 03038

Подані матеріали

- 18/ЗУ/Вх№66409 Заява про видачу патенту на винахід (КМ)
- 18/ЗУ/Вх№66411 Формула винаходу (КМ) (арк. - 1, прим. - 3).
- 18/ЗУ/Вх№66410 Опис винаходу (КМ) (арк. - 2, прим. - 3).
- 18/ЗУ/Вх№66412 Реферат (арк. - 1, прим. - 3).
- 18/ЗУ/Вх№66413 Креслення (арк. - 1, прим. - 3).



Прийняв(ла) _____ Гуртова Т.В.

АБСОРБЕР

Винахід належить до хімічної промисловості, а саме до апаратів розділення газів методом абсорбції і може бути використано в виробництві генераторного газу для його очищення від сірководню.

Відомий [1] абсорбер для видобування парів легких розчинників із газу, що містить вертикальний корпус, днище, кришку, штуцери підводу й відводу оброблюваного газу та абсорбенту, підтримуючу решітку з розташованим на ній шаром насадок, а також пристрій розподілення рідини (абсорбенту) в шарі насадок. Цей апарат досить ефективний в експлуатації, але не може працювати при пульсаціях продуктивності по газу через можливість «захливання», тобто при критичних об'ємних витратах газу рідина не стікає вниз, а накопичується у вільному просторі насадки, що призводить до закупорки каналів насадки.

Найбільш близьким за технічною суттю до пропонованого винаходу є прямоточний абсорбер [2], який використовується для очищення газів що містить корпус, штуцери входу і виходу газу і штуцери входу і виходу абсорбенту, розподільник потоку рідини, масообмінну секцію, відбійники крапель, при цьому масообмінна секція виконана у вигляді горизонтальних полиць з розміщеними на них пакетами регулярної насадки, причому пакет регулярної насадки формується з окремих гофрованих листів, розділених між собою плоским листом, з утворенням між листами каналів для руху газу і рідини.

Цей абсорбер має значний гідравлічний опір і для збільшення питомої продуктивності по газу вимагає додаткового сепаратору крапель.

В основу винаходу покладено задачу вдосконалити абсорбер для очищення генераторного газу, у якому реалізовано прямоточну схему, та вдосконалено вузол сепарації газорідинної суміші після насадки для забезпечення стабільної роботи абсорберу при значних пульсаціях об'ємної продуктивності по газу.

Поставлена задача вирішується тим, що в абсорбері очищення генераторного газу, що містить корпус, насадку, розподільчий пристрій, газорозподільчу решітку, згідно з винаходом новим є те, що сепаратор для відділення крапель абсорбенту встановлено після газорозподільчої решітки у вигляді центральної труби з встановленим всередині спіральним елементом.

Використання абсорбера з даними відмітними ознаками забезпечує покращену сепарацію газорідинної суміші після насадки, та зменшує винесення абсорбенту з газом, відповідно його витрату. Так, після газорозподільної решітки

швидкість газу значно зменшується, і крупні краплі абсорбенту не потрапляють до центральної труби виводу газу. Спиральний елемент, який встановлено в центральну трубу дозволяє відділити дрібні краплі абсорбенту.

Суть винаходу пояснюється кресленням, на якому зображено поздовжній розріз абсорбера. На фігурі абсорбер для очищення генераторного газу, що містить корпус 1, насадку 2, розподільчий пристрій 3, сепаратор у вигляді центральної труби з встановленим всередині спіральним елементом 4, газорозподільча решітка 5.

Абсорбер працює у такий спосіб. Абсорбент потрапляє в розподільчий пристрій 3, який дозволяє рівномірно зрошувати верхню поверхню шару насадки. Газ, що очищується, також потрапляє у верхню частину абсорбера, і рухається через шар насадки, захоплюючи за собою абсорбент за рахунок сил тертя. Проходячи через насадку між газом та абсорбентом відбувається масообмін, в результаті чого забруднення з газу переноситься до абсорбенту. Після шару насадки газ та абсорбент проходять через газорозподільчу решітку 5 і потрапляють у нижню частину абсорберу. Крупні краплі абсорбенту під дією сил гравітації потрапляють у нижню частину корпусу 1, а дрібні краплі у центральну трубу з встановленим всередині спіральним елементом, де відділяються за рахунок відцентрових сил, рухаючись у каналах спірального елемента. Дрібні краплі, що потрапили на внутрішню стінку центральної труби стікають плівкою під дією сил гравітації в нижню частину корпусу 1.

Пропонована конструкція абсорбера нескладна у виготовленні та експлуатації, дозволяє зменшити витрати абсорбенту за рахунок зменшення його виносу з потоком газу. В залежності від об'ємної продуктивності абсорберу крок спірального елемента може бути від 0,25 до 0,5 внутрішнього діаметру центральної труби.

Джерела інформації:




1. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. - Часть 2. - М.: Химия, 1995. – С. 58, рис.16-9,а.
2. Патент РФ №2491982 (RU) МПК В01D 53/18, Прямоточный абсорбер. Заяв. RU2012112680А от 03.04.2012, опубл. 10.09.2013.

Заявники:

_____ О.І. Італьянцев
_____ Я.Г. Двойнос

СТАН ДІЛОВОДСТВА ЗА ЗАЯВКОЮ НА ВИНАХІД (КОРИСНУ МОДЕЛЬ) № а201810346

ПОЗНАЧЕННЯ

	Успішно пройдена стадія
	Поточна стадія
	Стадія, що не використовується у діловодстві за заявкою



Патент зареєстровано

Підготовка до державної реєстрації та публікації

Очікування документа про сплату державного мита

Кваліфікаційна експертиза

Очікування клопотання про проведення кваліфікаційної експертизи

Формальна експертиза

Встановлення дати подання






Реєстрація первинних документів, попередня експертиза та введення відомостей до бази даних

ДОКУМЕНТИ ЗАЯВНИКА

Дата реєстрації	Дата відправки	Дата отримання	Назва документа	Реєстр-ний №
17.01.2019			Квитанція	19/ЗА/ Вх№2594
17.01.2019			Клопотання про проведення кваліфікаційної експертизи на винахід	19/ЗА/ Вх№2593
30.10.2018			Документ, що підтверджує сплату збору	18/ЗУ/ Вх№68824
30.10.2018			[12100] Заява про перетворення заявки на видачу деклараційного патенту на винахід (корисну модель), на заявку на видачу патенту на винахід або про перетворення заявки на видачу патенту на заявку на видачу деклараційного патенту на корисну модель	18/ЗУ/ Вх№68823
30.10.2018			Заява на видачу патенту на винахід (КМ)	18/ЗУ/ Вх№68825
26.10.2018			Документ, що підтверджує сплату збору	18/ЗУ/ Вх№67861
19.10.2018			Креслення	18/ЗУ/ Вх№66413
19.10.2018			Реферат	18/ЗУ/ Вх№66412
19.10.2018			Формула винаходу (КМ)	18/ЗУ/ Вх№66411
19.10.2018			Заява на видачу патенту на винахід (КМ)	18/ЗУ/ Вх№66409
19.10.2018			Опис винаходу (КМ)	18/ЗУ/ Вх№66410

ДОКУМЕНТИ УКРПАТЕНТУ

Для завантаження оригіналу документа та ЕЦП, використовуйте в якості коду 10 останніх цифр штрихкоду

на документі						
Дата реєстрації	Дата відправки	Дата отримання	Назва документа		Реєстр-ний №	
23.01.2019	29.01.2019		Повідомлення по заявці на винахід (корисну модель)		1861/3А/19	
17.12.2018	19.12.2018		Повідомлення про завершення формальної експертизи за заявкою на винахід		30236/3А/18	
02.11.2018	12.11.2018	16.11.2018	Рішення про встановлення дати подання заявки на винахід (корисну модель)		26412/3А/18	
02.11.2018	09.11.2018		Повідомлення про перетворення заявки на винахід (корисну модель)		26411/3А/18	
26.10.2018	02.11.2018	06.11.2018	Повідомлення щодо встановлення дати подання заявки на винахід (корисну модель)		27258/3У/18	
ЗБОРИ						
Код збору	Початок очікування	Планова дата отримання	Фактична дата отримання	Назва документа		
11600	19.10.2018	19.10.2021	17.01.2019	За проведення кваліфікаційної експертизи заявки на винахід		
	UAH 150.00/150.00	150.00 UAH	№ 661710006 від 17.01.2019	Платіжне доручення		
12100	01.11.2018	01.01.2019	29.10.2018	За подання заяви про перетворення заявки на видачу деклараційного патенту на винахід (корисну модель), на заявку на видачу патенту на винахід або про перетворення заявки на видачу патенту на заявку на видачу деклараційного патенту на корисну модель		
	UAH 20.00/20.00	20.00 UAH	№ 1468253111 від 29.10.2018	Платіжне доручення		
10100	19.10.2018	19.12.2018	26.10.2018	За подання заявки (міжнародної заявки) на винахід (корисну модель), формула якого містить не більш як 3 пункти		
	UAH 40.00/40.00	40.00 UAH	№ 0747024911 від 26.10.2018	Платіжне доручення		
ДЕРЖАВНЕ МИТО						
Код збору	Фактична дата отримання		Назва документа			
Документів немає						

0.824869155884 сек



Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" (УКРПАТЕНТ)

(01601, м. Київ-42, вул. Глазунова, 1)

Розписка про одержання заявки на корисну модель

Вх. №84121 Дата одержання 30.05.2019 9:52:29

Номер заявки **u 2019 05924** (в подальшому обов'язково посилатись на цей номер)

Заявник Італьянцев Олег Ігорович

Назва корисної моделі ПЕРЕЛИВНИЙ ПРИСТРІЙ МАСООБМІННОЇ ТАРІЛКИ

Адреса для листування Двойнос Я.Г., вул. М. Амосова, 14, кв. 7, м. Київ, 03038

Подані матеріали

19/ЗУ/Вх№37207 Заява про видачу патенту на винахід (КМ)

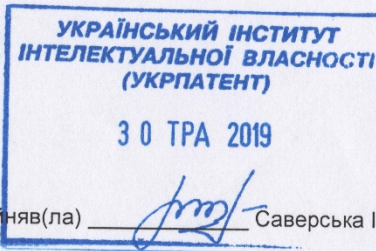
19/ЗУ/Вх№37210 Формула винаходу (КМ) (арк. - 1, прим. - 3).

19/ЗУ/Вх№37208 Опис винаходу (КМ) (арк. - 2, прим. - 3).

19/ЗУ/Вх№37209 Реферат (арк. - 1, прим. - 3).

19/ЗУ/Вх№37211 Креслення (арк. - 1, прим. - 3).

19/ЗУ/Вх№37212 Квитанція № 3, дата 30.05.2019, сума 40,00 грн.



Прийняв(ла) _____ Саверська І.Ю.

ПЕРЕЛИВНИЙ ПРИСТРІЙ МАСООБМІННОЇ ТАРІЛКИ

Корисна модель належить до переливних пристроїв масообмінних тарілок і може бути використана в хімічній, нафтопереробній, харчових галузях промисловості.

Відома масообмінна тарілка [1, стор. 4], що містить раму та патрубків переливний, який виконано довжиною, яка достатня для розташування тарілок таким чином, що нижня частина переливного патрубка тарілки занурена у рідину нижньої тарілки, що дозволяє запобігти потраплянню пари у верхню тарілку через нижню частину переливного патрубка. Недоліками такої конструкції є неможливість регулювати відстань між тарілками, та складні вимоги до монтажу.

Найбільш близьким за технічною суттю до пропонованої корисної моделі є масообмінна тарілка [2], яка містить переливний пристрій з гідравлічним затвором для запобігання потраплянню пари з нижньої частини тарілки у переливний пристрій. Така конструкція дозволяє регулювати відстань між тарілками, та зменшити площу, що займає на тарілці переливний пристрій. Недоліком даної конструкції є великий периметр переливного патрубка для запобігання накопичення пари у переливних каналах пристрою та утворення парової пробки, яка зупинить перетікання. Пара у канали переливного пристрою потрапляє у вигляді дрібних бульок разом з рідиною, що перетікає.

В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалити переливний пристрій масообмінної тарілки з метою більш повного використання площі тарілки.

Поставлена задача вирішується тим, що в конструкції масообмінної тарілки, що містить переливний пристрій з гідравлічним затвором для запобігання накопичення пари у каналах переливного пристрою у вигляді бульок встановлено трубчасті елементи для виходу пари.

Використання переливного пристрою з трубчастими елементами забезпечує покращену пропускну здатність переливного пристрою, та вільний вихід накопиченої пари, що дозволяє зменшити габарити переливного патрубка і більш

повно використовувати площу тарілки для масообміну.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, на якому зображено масообмінну тарілку. На фігурі зображено раму масообмінної тарілки 1, переливний пристрій 2, трубчасті елементи 3.

Переливний пристрій масообмінної тарілки працює у такий спосіб. Рідина з тарілки потрапляє в канали переливного пристрою. Рух пари з нижньої сторони масообмінної тарілки перекрито гідравлічним затвором. Пара, що у дрібних бульках разом з рідиною потрапила у канали переливного пристрою накопичується до утворення бульки, розміром більше половини ширини переливного патрубку ($D/2$), після чого пара вільно виходить нагору через центральний отвір трубчастого елемента, не заважаючи потоку рідини через переливний пристрій. Для утримання центрального отвору трубчастого елемента у безнапірному стані його торець розташовано вище рівня рідини на масообмінній тарілці на ширину переливного патрубку D , а діаметр трубчастого елемента становить половину ширини переливного патрубку ($D/2$).

Пропонована конструкція переливного пристрою масообмінної тарілки нескладна у виготовленні та експлуатації, дозволяє більш повно використовувати площу тарілки, спрощує її конструкцію, та монтаж.

Джерела інформації:

1. ОСТ 26–01–66–86. Тарелки колпачковые стальных колонных аппаратов. Параметры, конструкция и размеры, 1986. 31 с. Отраслевой стандарт министерства химического и нефтяного машиностроения.
2. Патент РФ №2438748 (RU) МПК В01D 3/16 Массообменная тарелка. Заяв. RU2010111613/05 от 25.03.2010, опубл. 10.01.2012, бюл. №27.

Заявники:

О.І. Італьянцев

Я.Г. Двойнос